Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des chemiedidaktischen Wissens von angehenden Lehrkräften zu Schülervorstellungen

Von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg

zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)

genehmigte Dissertation von

Eva-Maria Feige

aus

Heidelberg, Baden-Württemberg

2021

Erstgutachter:	Prof. Dr. Markus Rehm
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Tobias Dörfler
Fach:	Chemiedidaktik
Tag der Mündlichen Prüfung:	01.03.2021

Gender-Erklärung

Vorweg eine kurze Erklärung welche Gender-Richtlinien dieser Arbeit zugrunde liegen. Bis auf einzelne Ausnahmen (Schülervorstellungen, Lehrerkompetenzen, Lehrerbildung, Lehrerberuf, Lehrerenthusiasmus) werden im Folgenden die männliche und die weibliche Form gleichberechtigt benannt. Sofern es allerdings möglich ist, wird auf genderneutrale Formulierungen (z. B. Lernende, Studierende, Lehrkräfte, Befragte, Teilnehmende) zurückgegriffen.

Da es sich beim Begriff „Schülervorstellungen“ um einen feststehenden Fachbegriff handelt, wird in der folgenden Arbeit das generische Maskulinum geschlechtsabstrahierend eingesetzt. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Vorstellungen von Schülerinnen dabei ausdrücklich mitgemeint sind.

Gleiches gilt für die weiteren Bezeichnungen: Lehrerkompetenzen, Lehrerbildung, Lehrerberuf, Lehrerenthusiasmus. Es wird jeweils der etablierte Fachbegriff im generischen Maskulinum verwendet, wobei dieser geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Abstract

Zentrales Anliegen der vorliegenden Arbeit ist es zu untersuchen, über welche fachdidaktischen Kenntnisse angehende Chemielehrkräfte zum Themenbereich Schülervorstellungen verfügen und wie diese ausgeprägt sind. Obwohl sich die naturwissenschaftsdidaktische Forschung seit den 1970er-Jahren der Untersuchung von Schülervorstellungen widmet, stellt die vertiefte Auseinandersetzung mit dem Wissensrepertoire von (angehenden) Chemielehrkräften zu Schülervorstellungen ein weitreichendes Desiderat dar. Da es vor allem an Testverfahren mangelt, die diese zentrale Facette fachdidaktischen Wissens praxisnah erheben, wurde hierzu ein vignettengestütztes Testinstrument entwickelt und validiert. Die Entwicklung der Vignetten basiert auf einem aus der Literatur abgeleiteten Arbeitsmodell, wobei die erhobenen Konstrukte Rückschlüsse auf das deklarative und prozedurale chemiedidaktische Wissen zu Schülervorstellungen (CDW) zulassen sollen. Zur Klärung der theoretisch angenommenen zweidimensionalen Struktur des CDWs und Überprüfung von psychometrischen Eigenschaften des Verfahrens wurde eine Stichprobe von $N = 89$ angehenden Lehrkräften herangezogen. Mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse konnten die beiden postulierten Dimensionen deklarativen (dCDW) und prozeduralen chemiedidaktischen Wissens (pCDW) bestätigen werden (χ^2 ($df = 34$) = 34.679, $p = 0.435$, $\chi^2/df = 1.020$, RMSEA = 0.015, TLI = 0.993, CFI = 0.955). Weiterhin weist der Test eine hinreichende interne Konsistenz (dCDW: $\omega = 0.75$, pCDW: $\omega = 0.60$) und weitere adäquate psychometrische Eigenschaften (Itemschwierigkeiten, Trennschärfen) auf. Neben Hinweisen auf die faktorielle, konvergente und diskriminante Validität des Testverfahrens, liefert die Arbeit auch Antworten auf weitere Forschungsfragen, z. B. welche Interdependenzen sich zwischen dem CDW und einzelnen Aspekten motivationaler Orientierung zeigen. Aus latenten Korrelationsanalysen gehen substanziell bedeutsame Zusammenhänge zwischen einzelnen Dimensionen des CDWs und dem *Unterrichtsenthusiasmus* sowie der *Fehlerorientierung* von angehenden Chemielehrkräften hervor. Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass das Ausmaß, in dem inhaltsspezifische Themen zum Bereich der Schülervorstellungen in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung behandelt wurden, einen signifikanten Einfluss auf das Abschneiden im Vignettentest hat.

Danksagung

Nach vier lehrreichen und interessanten Promotionsjahren gilt mein Dank zahlreichen Menschen, die mich in vielen Bereichen begleitet und unterstützt haben.

Zunächst gebührt mein Dank meinen beiden Betreuern. Sie ermöglichten mir durch die Aufnahme in das Promotions- und Forschungskolleg *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (EKoL) mich eingehender mit der Bedeutsamkeit des Wissens über Schülervorstellungen von angehenden Lehrkräften zu befassen.

Herrn Prof. Dr. Markus Rehm danke ich von Herzen für seine intensive Begleitung und stetige Ansprechbarkeit bei fachlichen und persönlichen Anliegen. Er hat mich fortwährend motiviert und bestärkt an mich und meine Arbeit zu glauben. Diesen Rückhalt habe ich nie als selbstverständlich angesehen.

In diesem Zusammenhang möchte ich zudem Herrn Prof. Dr. Tobias Dörfler nennen und ihm herzlich danken, dass er sich bereit erklärt hat die Zweitbetreuung für meine Arbeit zu übernehmen. Seine Perspektive auf die Inhalte der Arbeit sowie seine detaillierten Rückmeldungen waren für mich stets sehr wertvoll.

Ebenso gilt mein Dank meinen Kolleginnen und Kollegen sowie weiteren Betreuerinnen und Betreuern im Promotionskolleg EKoL. Der anregende inhaltliche und methodische Austausch sowie die ehrliche und konstruktive Kritik in den Arbeitstreffen und Kolloquiumssitzungen haben meine Arbeit sehr bereichert.

An dieser Stelle möchte ich mich in besonderer Weise auch für die Unterstützung der fachinternen Arbeitsgruppe mit Frau Laura Arndt und Herrn Dr. Tim Kramer bedanken. Die zahlreichen (fachlichen) Gespräche, konstruktiven Anregungen und das gründliche Feedback bei der Testentwicklung haben beim Fertigstellen des Testinstruments einen großen Beitrag geleistet.

Darüber hinaus möchte ich Frau Dr. Juliane Rutsch und Herrn JProf. Dr. Hendrik Lohse-Bossenz für die anhaltenden Hilfestellungen bei methodischen Fragen und deren zielführende Beantwortung danken. Ihre weiterführenden Gedanken und Ideen bei der Datenanalyse haben mich stets zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dieser angeregt.

Ein großer Dank geht auch an all die fleißigen und aufmerksamen Korrekturleserinnen und Korrekturleser – Dr. Juliane Rutsch, Andreas Feige, Alexander und Luise-Charlotte Black – durch deren hilfreiche Anmerkungen und Hinweise der Text sprachlich bereichert wurde.

Zum guten Gelingen der Arbeit hat schlussendlich auch mein Partner beigetragen, dem ich für seine unendliche Geduld sowie unermüdliche Stärkung und Motivation im gesamten Prozess meiner Promotion von Herzen danke. Durch die uneingeschränkte Unterstützung und den immer guten Zuspruch von ihm und vielen Freundinnen konnte ich auch die herausfordernden Promotionsphasen gut meistern.

Inhaltsübersicht

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 11

1 EINLEITUNG 12

2 PROFESSIONELLE KOMPETENZ UND PROFESSIONELLES WISSEN 16

3 ZUR BERÜCKSICHTIGUNG VON SCHÜLERVORSTELLUNGEN IM (CHEMIE-) UNTERRICHT 58

4 FORSCHUNGSDESIDERATE ZUR UNTERSUCHUNG DES CHEMIEDIDAKTISCHEN WISSENS UND WEITERFÜHRENDER ASPEKTE 92

5 ARBEITSMODELL ZU ASPEKTEN DES CHEMIEDIDAKTISCHEN WISSENS 102

6 ABLEITUNG DER FORSCHUNGSANLIEGEN UND HYPOTHESEN 113

7 VORGEHEN BEI DER ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG DES TEST-INSTRUMENTS 123

8 METHODE 138

9 ERGEBNISSE 156

10 DISKUSSION DER ERGEBNISSE 176

11 LIMITATION UND AUSBLICK: IMPLIKATIONEN FÜR FORSCHUNG UND PRAXIS 200

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 218

TABELLENVERZEICHNIS 220

LITERATURVERZEICHNIS 221

ANHANG 265

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 11

1 EINLEITUNG 12

2 PROFESSIONELLE KOMPETENZ UND PROFESSIONELLES WISSEN 16

2.1 Professionalisierungsprozesse in der Lehrerbildung 17

2.2 Wirkung von Kompetenzaspekten auf Unterricht und Lernende..... 23

2.3 Einflussfaktoren auf den Professionalisierungsprozess 29

2.3.1 Die Rolle von individuellen Eingangsvoraussetzungen..... 30

2.3.2 Formelle, fachspezifische Lerngelegenheiten..... 33

2.3.3 Informelle Lerngelegenheiten im Lehrerberuf..... 35

2.4 Professionelles Wissen als Teil der professionellen Kompetenz 37

2.4.1 Wissensdomänen des Professionswissens..... 38

2.4.2 Wissensarten 42

2.5 Theoretische Konzeptualisierungen des fachdidaktischen Wissens in den Naturwissenschaften 46

2.6 Ansätze und Methoden zur Erfassung von fachdidaktischem Wissen... 50

3 ZUR BERÜCKSICHTIGUNG VON SCHÜLERVORSTELLUNGEN IM (CHEMIE-) UNTERRICHT 58

3.1 Erkenntnisse aus der Forschung zu Schülervorstellungen – Klärung zentraler Begrifflichkeiten 60

3.1.1 Was sind Schülervorstellungen? 60

3.1.2 Mögliche Entstehungsursachen von Schülervorstellungen..... 62

3.1.3 Drei Arten von Schülervorstellungen..... 66

3.1.4 Stabilität von Schülervorstellungen 68

3.2 Hilfsmittel zum Erkunden von Schülervorstellungen..... 71

3.2.1 Concept Cartoons – Beschreibung eines Erhebungs- und Unterrichts-instruments..... 72

3.2.2 Einsatzmöglichkeiten von Concept Cartoons im Umgang mit Schülervorstellungen..... 75

3.3 Lerntheoretische Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen.. 79

3.4 Stand der Forschung: Was wissen (angehende) Lehrkräfte zu Schüler-vorstellungen? 86

4 FORSCHUNGSDESIDERATE ZUR UNTERSUCHUNG DES CHEMIEDIDAKTISCHEN WISSENS UND WEITERFÜHRENDER ASPEKTE 92

5 ARBEITSMODELL ZU ASPEKTEN DES CHEMIEDIDAKTISCHEN WISSENS 102

6 ABLEITUNG DER FORSCHUNGSANLIEGEN UND HYPOTHESEN 113

6.1 Forschungsanliegen 1: Entwicklung und Validierung des Testverfahrens . 114
6.1.1 Faktorielle Validität ... 115
6.1.2 Konvergente und diskriminante Validität ... 115
6.2 Forschungsanliegen 2: Zusammenhänge des CDWs zu Aspekten motivationaler Orientierungen ... 117
6.2.1 Untersuchungen von korrelativen Zusammenhängen zum *Lehrerenthusiasmus* ... 118
6.2.2 Untersuchung von korrelativen Zusammenhängen zum Umgang mit eigenen Fehlern im Unterricht ... 119
6.3 Forschungsanliegen 3: Identifizierung von Einflussfaktoren auf das CDW 120

7 VORGEHEN BEI DER ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG DES TEST-INSTRUMENTS 123

8 METHODE 138
8.1 Ablauf der Datenerhebung und Überblick über eingesetzte Testhefte 138
8.2 Beschreibung relevanter Instrumente des fächerübergreifenden und fachspezifischen Befragungsteils ... 140
8.3 Beschreibung der Stichprobe ... 146
8.4 Testwertberechnung ... 146
8.5 Statistische Analysen ... 148
8.6 Umgang mit fehlenden Werten ... 154

9 ERGEBNISSE 156
9.1 Forschungsanliegen 1 ... 156
9.1.1 Faktorielle Validität ... 156
9.1.2 Konvergente und diskriminante Validität ... 162
9.2 Forschungsanliegen 2 ... 163
9.2.1 Korrelative Zusammenhänge zum *Lehrerenthusiasmus* ... 164
9.2.2 Korrelative Zusammenhänge zu Aspekten der *Fehlerorientierung* von Lehrkräften ... 165
9.3 Forschungsanliegen 3 ... 165

10 DISKUSSION DER ERGEBNISSE 176
10.1 CDW als zweidimensionales Konstrukt ... 176
10.2 Aspekte motivationaler Orientierung zeigen Zusammenhänge zu beiden Dimensionen CDW ... 185
10.3 Fachdidaktische Lerngelegenheiten beeinflussen die Testleistung zum CDW 193

11 LIMITATION UND AUSBLICK: IMPLIKATIONEN FÜR FORSCHUNG UND PRAXIS 200

ABBILDUNGSVERZEICHNIS **218**

TABELLENVERZEICHNIS **220**

LITERATURVERZEICHNIS **221**

ANHANG **265**

Abkürzungsverzeichnis

BIJU	Bildungsverläufe und psychosoziale Entwicklung im Jugend- und jungen Erwachsenenalter
COACTIV	Cognitive Activation in the Classroom: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Unterricht und die Entwicklung mathematischer Kompetenz
CK	Content Knowledge (Fachwissen)
CDW	Chemiedidaktisches Wissen
EKoL	Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung
FALKO	Fachspezifische Lehrerkompetenzen
FIML	Full-Information-Maximum-Likelihood
IRT	Item-Response-Theorie
KeiLa	Kompetenzentwicklung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen
KiL	Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen
KMK	Kultusministerkonferenz
MT21	Mathematics Teaching in the 21st Century
NuK	Naturwissenschaften unterrichten können
PCK	Pedagogical Content Knowledge (Fachdidaktisches Wissen)
PLUS	Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe
P(P)K	Pedagogical Knowledge (Pädagogisch-psychologisches Wissen)
ProfiLe-P	Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik
ProwiN	Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften
QuiP	Quality of Instruction in Physics
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TEDS-M	Teacher Education and Development Study in Mathematics
VIF	Varianz-Inflations-Faktor

1 Einleitung

An welchen Kriterien lässt sich der Erfolg von qualitätsvollem Unterricht feststellen?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden bislang in erster Linie die Ergebnisse von Schulleistungsstudien wie PISA (z. B. Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016) und TIMMS (z. B. Wendt et al., 2016) herangezogen, die über die erworbenen Fachkompetenzen und Fertigkeiten seitens der Lernenden berichten. Neben der Überprüfung der Lern- und Leistungsbereitschaft von Schülerinnen und Schülern (Baumert & Kunter, 2011b; Kunter, Baumert et al., 2013; Kunter, Klusmann et al., 2013) rückt zunehmend auch die Lehrkraft selbst, mit ihren Kompetenzen, in den Fokus der empirischen Bildungsforschung (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Harms & Riese, 2018). Im Rahmen der Forschung zur Professionalität von Lehrkräften stellt sich dabei eine wesentliche Frage: *Was muss eine Lehrkraft wissen bzw. können, um ihren Unterricht wirksam zu gestalten?* Zahlreiche nationale wie internationale Forschungsprojekte (z. B. TEDS-M: Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2010; NuK: Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2014; ProfiLe-P: Gramzow, 2015; ProwiN: Kirschner et al., 2017; FALKO: Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017; COACTIV: Kunter, Baumert et al., 2011; Observe: Seidel et al., 2010) untermauern durch intensive Forschungsbemühungen – Lehrerkompetenzen theoretisch und empirisch zu untersuchen – die Notwendigkeit der aufgeworfenen Frage nachzugehen. Auch das Forschungsprojekt *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (EKoL) verdeutlicht mit mehreren Teilprojekten verschiedener Fachdisziplinen (Biologie, Chemie, Deutsch, Geschichte, Mathematik, Technik, Pädagogik) ein großes Forschungsinteresse an den Professionalisierungsprozessen aus interdisziplinärer Sicht (Rutsch, Rehm, Vogel, Seidenfuß & Dörfler, 2018). Als wesentlicher Bereich der Lehrerkompetenz wird im Rahmen dieses Projektes das Professionswissen und dabei speziell die Entwicklung und Struktur (Wissensfacetten, -arten) des fachdidaktischen Wissens von (angehenden) Lehrkräften[1] untersucht. Um eine verlässliche Aussage über professionelle Wissensinhalte treffen zu

[1] Die Bezeichnung (angehende) Lehrkräfte soll kenntlich machen, dass damit in dieser Arbeit sowohl Lehramtsstudierende als auch Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter sowie Lehrkräfte angesprochen werden.

können, werden jedoch valide und reliable Testverfahren benötigt, die durch unterrichtsnahe, situationsspezifische Aufgaben, eine möglichst „reale“ Messung zulassen (König, 2015). Testformate, die hierfür mitunter geeignet erscheinen, sind sogenannte Vignettentests. Vignetten zeigen realitätsnahe, verdichtete Unterrichtsausschnitte, in denen die Probandinnen und Probanden aufgefordert werden sich in das gezeigte unterrichtliche Handeln einer (fiktiven) Lehrkraft hineinzuversetzen (Atria, Strohmeier & Spiel, 2006; Heinzer & Oser, 2013). Da die Verwendung von Vignetten eine authentische sowie situations- und kontextbezogene Erfassung von Lehrerkompetenzen ermöglichen kann (Friesen et al., 2020), hat sich das EKoL-Projekt u. a. zum Ziel gesetzt, vignettengestützte Testinstrumente für verschiedene Fachdomänen zu entwickeln. Die vorliegende Arbeit fokussiert sich im Rahmen der Testentwicklung auf das chemiedidaktische Wissen von angehenden Lehrkräften zu Schülervorstellungen. Die Entscheidung diese Wissensfacette zu untersuchen, erfolgt zum einen vor dem Hintergrund, dass es bisher gezielt für diesen Bereich an standardisierten Instrumenten mangelt. Zum anderen nehmen Schülervorstellungen, insbesondere beim Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten, eine zentrale Rolle ein (Adamina, Kübler, Kalcsics, Bietenhard & Engeli, 2018a; Lange, 2010; Möller, 2016). Schülerinnen und Schüler entwickeln bereits vor Eintritt in die Grundschule Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Begriffen und Phänomen, die allerdings nicht zwingend mit der fachlich angemessenen Auffassung übereinstimmen müssen (Barke, 2006; Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018). Da die vorhandenen Vorstellungen die Verarbeitung von neuen Lerninhalten beeinträchtigen können, ist es für die Gestaltung von lernwirksamem Unterricht äußerst relevant, diese vor der Einführung neuer Unterrichtsinhalte zu thematisieren und im weiteren Unterricht zu berücksichtigen (Adamina et al., 2018a; Barke, 2006; Gess-Newsome et al., 2017; Morrison & Lederman, 2003). Gegenüber den zahlreichen Studien, die sich seit den 1970er-Jahren der Erforschung der Lernerperspektive widmen (vgl. Bibliografie: Duit & Pfundt, 2009), wurde sich allerdings bislang weitaus seltener der spezifischen Untersuchung des Wissens seitens der Lehrkraft zu diesem Themenbereich zugewandt (Kleickmann, Steffensky & Wendt, 2017; Uhren, Ralle & Di Fuccia, 2013). Im Rahmen von Untersuchungen zum Professionswissen wird das Wissen über Schülervorstellungen zwar als zentrales Element fachdidaktischen Wissens aufgegriffen, sich dabei aber vorrangig auf die Überprüfung von Kenntnissen zu themenspezifischen Schülervorstellungen fokussiert bzw.

reduziert. Um Lernende beim Aufbau fachlich adäquater und anschlussfähiger Konzepte unterstützen zu können, reicht es jedoch nicht aus, lediglich mit theoretischem Faktenwissen über inhaltsbezogene Vorstellungen vertraut zu sein (Schmelzing, 2010). Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, dieser einzelnen Wissensfacette umfassender und vertiefter nachzugehen und in diesem Zuge auch das fachdidaktische Repertoire von Lehrkräften zum Umgang mit Schülervorstellungen einzubeziehen. Weiterhin ist anzumerken, dass sich die Forschungsbemühungen zur Untersuchung der Struktur des Professionswissens in erster Linie auf verschiedene Wissensdomänen (Fachwissen, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen) und weniger auf verschiedene Wissensarten (u. a. deklaratives, prozedurales Wissen) ausgerichtet haben. Um geeignete Konsequenzen für eine verbesserte bzw. systematisierte Lehrerbildung treffen zu können, gilt es nach Gramzow, Riese und Reinhold (2013a) allerdings auch die „innere Struktur“ des Professionswissens eingehender zu erforschen.

Die vorliegende Arbeit setzt an diesen Forschungsdesideraten an, indem sie ein theoretisches Rahmenmodell vorlegt, das über die grundlegenden, deklarativen Wissensaspekte hinaus auch prozedurale, sprich handlungsnahe, fachdidaktische Kenntnisse zur Berücksichtigung von Schülervorstellungen bei der Planung wie Durchführung von Unterricht beinhaltet. Die differenzierte Betrachtung der Wissensarten soll dabei zusätzlich einen Beitrag zur Untersuchung der inneren Struktur des fachdidaktischen Wissens leisten.

Das Ziel des nachfolgenden Kapitels (Kapitel 2) ist es zunächst einen Überblick darüber zu geben, was unter der professionellen Kompetenz und im Detail unter dem fachdidaktischen Professionswissen einer Lehrkraft zu verstehen ist. In Kapitel 3 liegt das Augenmerk dann auf den Schülervorstellungen und warum eine Beschäftigung von Lehrkräften damit für das Lernen im Chemieunterricht unerlässlich ist. In diesem Zuge werden Strategien und Methoden der Chemiedidaktik vorgestellt, die (angehende) Lehrkräfte kennen sollten, um die Lernerperspektive adäquat berücksichtigen zu können. Nach den theoretischen Grundlagen liefert das Kapitel 4 Einblicke in den bisherigen Forschungsstand und verweist auf zentrale Forschungslücken. Der Theorieteil schließt letztlich mit dem in Kapitel 5 dargestellten Arbeitsmodell zum chemiedidaktischen Wissen mit dem Fokus auf Schülervorstellungen, dass zum einen die zentrale Ausgangsbasis für die in Kapitel 6 vorgestellten

Forschungsanliegen bildet. Zum anderen erfolgt darauf aufbauend in Kapitel 7 die Entwicklung des oben beschriebenen Testformats, eines Vignettentests. Das Aufgabenformat von Unterrichtsvignetten wurde gewählt, da es sich in der Vergangenheit als vielversprechender Ansatz zur Erfassung unterrichtsnaher Konstrukte, wie dem fachdidaktischen Wissen, bewährt hat (u. a. E. Keller, 2016; Rutsch, 2016). Mit dem Ziel deklaratives und prozedurales Wissen zu erfassen, eignet sich das Vignettenformat ausgesprochen gut, da die Auseinandersetzung mit der gezeigten Unterrichtssituation und die Bearbeitung der fachdidaktischen Fragestellung nicht nur rein theoretisches Wissen erfordert (Kanert & Resch, 2014; Sauer, 2016). Die transparente Darstellung der Vorgehensweise bei der Datenerhebung und -analyse in Kapitel 8 erleichtert es die anschließend in Kapitel 9 dokumentierten Ergebnisse nachvollziehen zu können. Neben der Überprüfung der Testgüte und Struktur des untersuchten Konstruktes werden weitere Skalen mit dem Ziel eingesetzt, Hinweise auf die Validität des entwickelten Tests zu erhalten. Weiterhin soll durch den Einbezug von Kovariaten (u. a. *Fehlerorientierung* von Lehrkräften, formelle und informelle Lerngelegenheiten) weiterführenden Fragestellungen nachgegangen werden, die bisher noch nicht ausreichend beachtet wurden, zum Beispiel: *Wie hängt das chemiedidaktische Wissen zu Schülervorstellungen mit Aspekten motivationaler Orientierung (z. B. dem Lehrerenthusiasmus) zusammen? Welche Prädiktoren erweisen sich in Bezug auf das Abschneiden im Test als relevant?* Die Überprüfung der zweiten Frage soll dabei zur Aufklärung von interindividuellen Unterschieden in der Testleistung beitragen, die sich in Bezug auf das Wissen von Lehrkräften über Schülervorstellungen in bisherigen Studien zeigten (Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016; Sadler, Sonnert, Coyle, Cook-Smith & Miller, 2013). Zur Diskussion der vorgestellten Befunde wird in Kapitel 10 dann wieder Bezug auf die zugrunde gelegten Ausführungen im Theorieteil genommen. Aus den diskutierten Ergebnissen werden abschließend in Kapitel 11 Implikationen für weiterführende Forschungsfragen abgeleitet, auf die im Rahmen dieser Arbeit nur am Rande eingegangen werden kann. Dabei wird auf die aussichtsreiche Verwendung des entwickelten und validierten Vignettentests in der Lehrerbildung verwiesen, wodurch der Forderung, eine Brücke zwischen Forschung und Praxis zu schlagen, Rechnung getragen werden soll.

2 Professionelle Kompetenz und professionelles Wissen

Die Untersuchung von Lehrerkompetenzen stellt einen wichtigen Bestandteil der aktuellen Bildungs- und Unterrichtsforschung dar (Harms & Riese, 2018; Terhart, Bennewitz & Rothland, 2014). In diesem Zusammenhang bildet das Modell der professionellen Kompetenz von Baumert und Kunter (2011a) eine zentrale Ausgangsbasis und wurde in den vergangenen Jahrzehnten von vielen deutschsprachigen Forschungsprojekten aufgegriffen (u. a. COACTIV, EKoL, FALKO, ProfiLe, ProwiN, TIMMS). Da es sich dabei um ein facettenreiches Modell handelt, wird in Kapitel 2.1 zunächst ein Überblick über die professionelle Kompetenz und deren einzelner Aspekte gegeben. Daran anschließend wird in Kapitel 2.2, angelehnt an das Angebots-Nutzungs-Modell, die Wirkung von einzelnen Kompetenzaspekten auf die Unterrichtsqualität sowie die Leistungsentwicklung von Schülerinnen und Schülern veranschaulicht. Welche individuellen Eingangsvoraussetzungen und spezifischen Lerngelegenheiten Einfluss auf den Professionalisierungsprozess von Lehrkräften nehmen, wird in Kapitel 2.3 erläutert. Zur genaueren Betrachtung einzelner Kompetenzaspekte wird sich in dem anschießenden Kapitel 2.4 gesondert dem Professionswissen, als dem Kernelement der professionellen Kompetenz, zugewandt. Da sich die vorliegende Studie vor allem auf die Untersuchung chemiedidaktischen Wissens von angehenden Lehrkräften konzentriert, setzt sich Kapitel 2.5 mit den theoretischen Konzeptualisierungen des fachdidaktischen Wissens in den Naturwissenschaften auseinander. Abschließend wird der Frage nachgegangen, welche Messverfahren geeignet sind, um professionelle Wissensinhalte möglichst realitätsnah, d. h. in Bezug auf die Anforderungen in der Unterrichtspraxis, untersuchen zu können. Kapitel 2.6 skizziert verschiedene Erhebungsansätze und beleuchtet dabei insbesondere das vignettenbasierte Testformat zur Erfassung von fachdidaktischem Wissen.

2.1 Professionalisierungsprozesse in der Lehrerbildung

In einem gängigen Modell, das aus dem Forschungsprojekt COACTIV hervorgeht, werden im Hinblick auf die professionelle Kompetenz[2] einer Lehrkraft vier Kompetenzaspekte unterschieden. Dieses Modell vereint bereits bestehende Konzepte der Professionalisierungsforschung und nimmt dabei eine übergreifende, mehrdimensionale Perspektive auf die Anforderungsbereiche im Berufsalltag von Lehrkräften ein (Baumert & Kunter, 2011a). Damit wird ein Einblick in die notwendigen Handlungsressourcen gegeben, die Lehrkräfte benötigen, um den vielfältigen beruflichen Herausforderungen gerecht zu werden. Aufgrund seines umfassenden Charakters dient das Modell als Grundlage in zahlreichen Arbeiten zur professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften. Auch im interdisziplinären Forschungsprojekt EKoL bildet das Modell von Baumert und Kunter (2011a) sowie noch weitere, bisher in der fachdidaktischen Lehrerbildung vertretene Kompetenzmodelle (u. a. Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015; Seidel & Stürmer, 2014; Voss, Kunina-Habenicht, Hoehne & Kunter, 2015) den Rahmen des Modells der Professionalisierung (vgl. Abbildung 2.1). Neben der im Mittelpunkt stehenden professionellen Kompetenz, kommen in diesem Modell zusätzlich noch weitere Faktoren hinzu, die im Entwicklungsprozess der Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften eine Rolle spielen. Damit nimmt es eine verstärkt „prozessorientierte Perspektive auf die Professionalisierung in der Lehramtsausbildung“ (Rutsch, Vogel, Seidenfuß, Dörfler & Rehm, 2018, S. 10) ein. Anliegen dieser Erweiterung ist es, „ein besseres Verständnis darüber zu ermöglichen, welche Determinanten und Einflussfaktoren auf die Entwicklung von professioneller Lehrerkompetenz – vorrangig im Bereich des fachdidaktischen Wissens und Könnens – einwirken“ (ebd., S. 10). In diesem Zuge wird angenommen, dass (I) individuelle Eingangsvoraussetzungen, (II) fachspezifische Lerngelegenheiten und (III) schulpraktische Erfahrungen angehender Lehrkräfte einen Einfluss auf den Prozess der Kompetenzentwicklung haben (Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018). Diese drei Einflussfaktoren werden in Kapitel 2.3 gesondert betrachtet.

[2]Da das Zusammenspiel der vier Aspekte professioneller Kompetenz als notwendige Voraussetzung für professionelles Unterrichtshandeln zu verstehen sind, wird oftmals auch von *Handlungs*kompetenz gesprochen (z. B. Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017, S. 35).

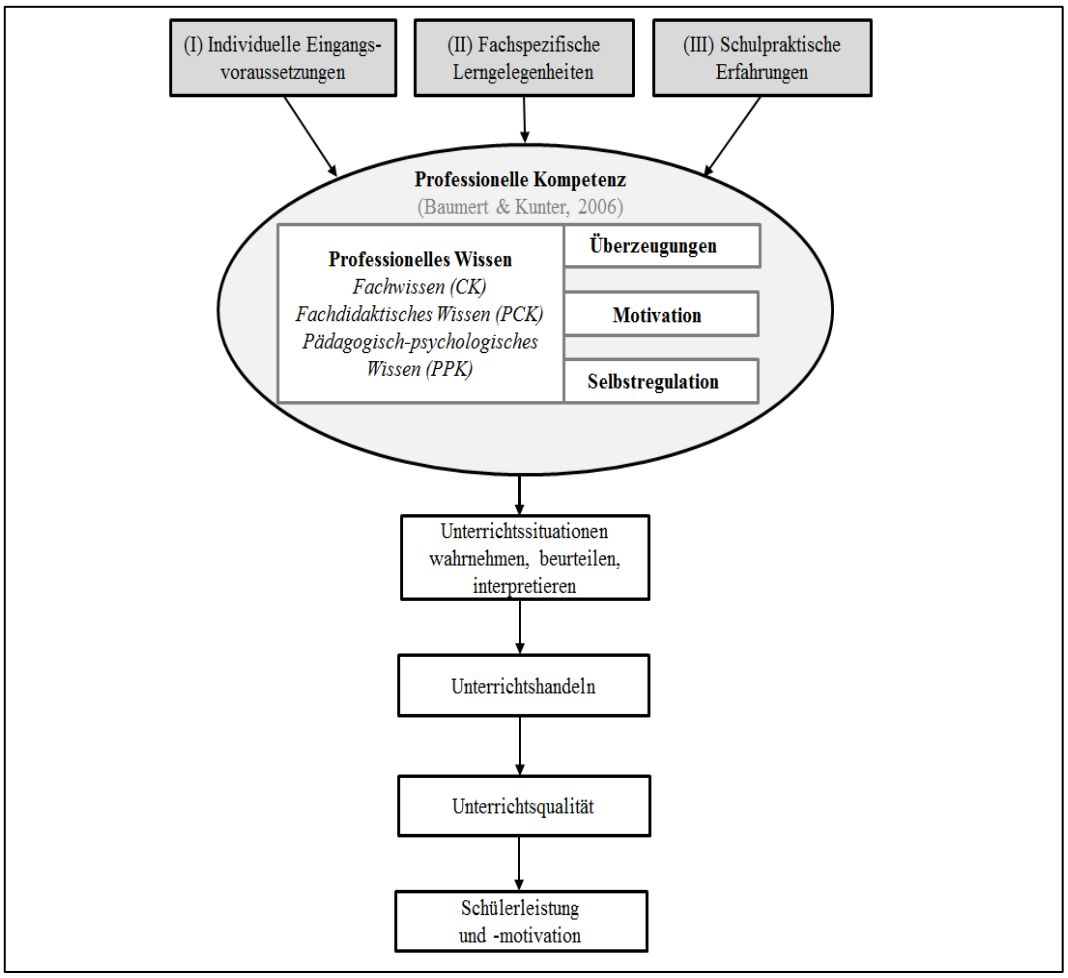


Abbildung 2.1. Modell der Professionalisierung im Lehrerberuf des EKoL-Projekts (adaptiert nach Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018, S. 11).

Nachfolgend wird das im Zentrum der Abbildung stehende multidimensionale Konzept der professionellen Kompetenz mit seinen vier Kompetenzaspekten näher vorgestellt. Insgesamt liegt dem Modell die Annahme zugrunde, dass neben dem (1) Professionswissen auch (2) Überzeugungen sowie (3) motivationale und (4) selbstregulative Merkmale von Lehrkräften die Grundlage für erfolgreiches Unterrichtshandeln darstellen (Baumert & Kunter, 2011a). Dass die vier Dimensionen in einem „dynamischen Wechselspiel“ (Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017, S. 35) zueinander stehen, wird in der oben stehenden Abbildung durch die sich überlappenden Kompetenzaspekte angedeutet.

(1) Professionswissen

Das Professionswissen einer Lehrkraft wird als ausschlaggebend für die erfolgreiche Bewältigung von Anforderungen im Unterricht angesehen (Harms & Riese, 2018). Zur inhaltlichen Bestimmung des professionellen Wissens wird oftmals auf taxonomische Ansätze von Shulman (1986, 1987) zurückgegriffen, der eine Unterscheidung in *content knowledge* (Fachwissen), *pedagogical content knowledge* (fachdidaktisches Wissen) und *general pedagogical knowledge* (pädagogisch-psychologisches Wissen) vorschlägt. Die drei aufgezählten Wissensdomänen[3], die gleichzeitig die drei Säulen der Lehrerbildung darstellen, werden in den meisten Forschungsarbeiten als Grundlage zur Erfassung des Professionswissens herangezogen (2.4.1, 2.5). Des Weiteren werden neben den Wissensdomänen auch Wissensarten zur Beschreibung der Struktur des Professionswissens angeführt (2.4.2). In diesem Zuge wird postuliert, „dass das professionelle deklarative und prozedurale Wissen von Lehrkräften eine zentrale Ressource ist, um Lerngelegenheiten in einem stabilen Ordnungsrahmen variationsreich, kognitiv herausfordernd und motivierend zugleich zu gestalten“ (Baumert et al., 2011, S. 14). Wie die meisten Studien zur Professionalität von Lehrkräften, konzentriert sich das EKoL-Projekt auf die Erhebung fachdidaktischen Wissens als spezifische Teilfacette professionellen Wissens.

(2) Überzeugungen

Als weitere Komponente der professionellen Kompetenz werden die professionellen Überzeugungen (*beliefs*) von Lehrkräften genannt (Baumert & Kunter, 2006, 2011). In dem COACTIV-Modell werden unter diesem Kompetenzaspekt auch Werthaltungen (*values*) und Ziele (*goals*) thematisiert, auf die im Folgenden aber nicht näher eingegangen wird (Ausführungen zu diesen Teilaspekten können dem Übersichtsartikel entnommen werden: Baumert & Kunter, 2006). In Bezug auf die

[3] Weiterhin unterscheidet Shulman in seinen Arbeiten von (1987, S. 8) und (1986, S. 10) noch weitere Wissensbereiche, wie das „curriculum knowledge“, „knowledge of learners and their charateristics“, „knowledge of educational contexts“ und „knowledge of educational ends, purposes and values“. Im weiteren Verlauf der hier vorliegenden Arbeit wird allerdings an der etablierten Dreiteilung festgehalten.

Überzeugungen können diese, je nachdem auf welche Systemebene[4] (z. B. Schulkontext, Bildungssystem, Gesellschaft) sie sich beziehen, unterschiedlich klassifiziert werden. Im Weiteren werden lediglich jene Überzeugungen von Lehrkräften spezifischer betrachtet, die den Lehr-Lernprozess betreffen, da diese in der bisherigen Unterrichtsforschung eingehender untersucht wurden (Voss, Kleickmann, Kunter & Hachfeld, 2011). Im Hinblick auf die lerntheoretischen Überzeugungen lassen sich zwei Orientierungen bei Lehrkräften feststellen: konstruktivistische und transmissive Überzeugungen (Chan, 2011; Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, 2008; Kunter & Pohlmann, 2015; Voss, Kleickmann et al., 2011).

Eine konstruktivistische Überzeugung von Lehrkräften zeichnet sich dadurch aus, dass Lernende aktiv in die Auseinandersetzung mit Lerninhalten einbezogen werden. Eine transmissive Auffassung beschränkt sich hingegen eher darauf, dass Schülerinnen und Schüler Lerninhalte passiv rezipieren sollten (Voss, Kleickmann et al., 2011). Studien zeigen, dass vor allem ein konstruktivistisches Verständnis über den Lehr-Lernprozess, in einem positiven Zusammenhang zur Lernleistung der Schülerinnen und Schüler steht (u. a. Peterson, Fennema, Carpenter & Loef, 1989; Staub & Stern, 2002; Voss, Kleickmann et al., 2011). Vermittelt über die Unterrichtsqualität lässt sich darüber hinaus feststellen, dass die Unterrichtsgestaltung von konstruktivistisch eingestellten Lehrkräften durch ein stärkeres Ausmaß an kognitiv aktivierenden Lerngelegenheiten und konstruktiver Unterstützung der Lernenden geprägt ist (Voss & Kunter, 2011; Voss, Kleickmann et al., 2011). Hingegen zeigt sich für Lehrkräfte mit stärker transmissiven lerntheoretischen Überzeugungen, dass deren Klassen „weniger kognitiv herausgefordert und in ihrem Lernprozess unterstützt wurden“ (Dubberke et al., 2008, S. 193). Aufgrund der mit dieser Überzeugung einhergehenden Gestaltung von geringen kognitiv anregenden Lernangeboten, sind auch Leistungsnachteile bei jenen Klassen festzustellen (ebd.). Dass sich transmissive Überzeugungen über das Lehren und Lernen nachteilig auf die Unterrichtsqualität und den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler auswirken, bestätigt ebenfalls die Studie von Voss und Kleickmann et al. (2011).

[4] Eine ausführliche Erläuterung der verschiedenen Ebenen ist bei Hoy, Davis und Pape (2006) zu finden.

(3) Motivationale Orientierungen

Neben dem professionellen Wissen und den Überzeugungen einer Lehrkraft werden auch für ihre motivationalen Orientierungen angenommen, dass sie sich auf das berufliche Handeln und entsprechend auf die Qualität des Unterrichts auswirken (Rutsch, 2016). In diesem Zuge widmet sich die Motivationsforschung verschiedenen Motivationsbereichen einer Lehrkraft. Neben Berufswahlmotiven (Pohlmann & Möller, 2010) werden die Selbstwirksamkeit (Schwarzer & Warner, 2014; Tschannen-Moran & Woolfolk Hoy, 2001), das berufsbezogene Selbstkonzept (Retelsdorf, Bauer, Gebauer, Kauper & Möller, 2014), die Zielorientierung (Kunter, 2011) und die Begeisterung von Lehrkräften, die sie für ihr Fach und das Unterrichten empfinden (*Lehrerenthusiasmus*: Kunter, Frenzel, Nagy, Baumert & Pekrun, 2011), untersucht. Neben den aufgezählten Aspekten motivationaler Orientierungen wird des Weiteren ein zu diesem Zeitpunkt aktuell aufgekommenes Konzept der unterrichtsbezogenen *Fehlerorientierung* (Böhnke & Thiel, 2016) diskutiert. Ausgehend von den verschiedenen Konzepten fokussiert sich diese Arbeit vor allem auf die beiden zuletzt genannten Aspekte des *Lehrerenthusiasmus* und der *Fehlerorientierung*. Den Enthusiasmus einer Lehrkraft fassen Kunter et al. (2008) als ein intrinsisch motivationales Personenmerkmal auf, welches das Ausmaß an erlebter Freude und Begeisterung während der Berufsausübung wiederspiegelt. Lehren bedeutet in diesem Zusammenhang „nicht nur eine Ansammlung von Wissen. Sondern vielmehr auch das erfolgreiche Weitergeben dieses Wissens an die Kinder.“ (Gehrmann, 2019, S. 2).

Als Ergänzung zu bisherigen Studien aus dem Bereich der Motivationsforschung schlägt das COACTIV-Projekt eine detaillierte Betrachtung vor und postuliert eine zweidimensionale Struktur für das Konstrukt des *Lehrerenthusiasmus*. Dieser Annahme folgend unterscheiden Baumert und Kunter (2011a) dabei „eine gegenstands- und eine tätigkeitsbezogene Facette des Lehrerenthusiasmus, die sich entweder auf die Beschäftigung mit dem Gegenstand des Unterrichts, in der Regel das Fach, oder auf die fachbezogene Unterrichtstätigkeit selbst bezieht“ (Baumert & Kunter, 2011a, S. 44). Vor allem die Begeisterung zu Unterrichten scheint dabei positive Auswirkungen auf die Motivation, Lernfreude oder den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu haben (z. B. Frenzel, Goetz, Lüdtke, Pekrun & Sutton, 2009; M. Keller, Goetz, Becker, Morger & Hensley, 2014; Kunter, 2011; Kunter,

Klusmann et al., 2013; Lazarides, Gaspard & Dicke, 2019). Entgegen der eindeutigen Einordnung des *Lehrerenthusiasmus* in das Konzept der professionellen Kompetenz existieren bislang für das Konstrukt der *Fehlerorientierung* kaum konkrete Befunde bzw. Theorien.

Nach Böhnke & Thiel (2016) umfasst die unterrichtsbezogene *Fehlerorientierung* „als multi-dimensionales Konstrukt die Bewertung von und den Umgang mit Fehlersituationen“ (Böhnke & Thiel, 2016, S. 58). Dies wird von den Autorinnen sowohl im Zusammenhang mit der Selbstwirksamkeit als auch der Zielorientierung einer Lehrkraft diskutiert. Da wie oben aufgeführt, die beiden genannten Variablen (Selbstwirksamkeit, Zielorientierung) auch als Indikatoren motivationaler Orientierung gelten, wird die Einstellung von Lehrkräften zu Fehlern in dieser Arbeit ebenfalls als ein Aspekt von Motivationsorientierung aufgefasst.

(4) Selbstregulation

Um mit beruflichen Belastungen und Stress im Lehrerberuf angemessen und langfristig erfolgreich umgehen zu können, sind selbstregulative Bewältigungsstrategien von großer Bedeutung (Hasselhorn & Gold, 2013). Daher wird im Hinblick auf das Engagement und die Distanzierungsfähigkeit von Lehrkräften im Modell der professionellen Kompetenz die Selbstregulationsfähigkeit als eine weitere, überfachliche Komponente aufgenommen (Baumert & Kunter, 2011a). Nach Klusmann (2011a) ist die berufliche Selbstregulation einer Lehrkraft gut ausgeprägt, wenn „sie das Niveau an beruflichem Engagement zeigt, welches den Anforderungen des Lehrerberufs gerecht wird, sich aber gleichzeitig auch von beruflichen Belangen distanzieren und sich und ihre Ressourcen schonen kann“ (Klusmann, 2011a, S. 277). Die selbstregulativen Fähigkeiten im Berufsalltag können dabei Auswirkungen auf das berufliche Wohlbefinden der Lehrkräfte (Klusmann, Kunter, Trautwein, Lüdtke & Baumert, 2008; Klusmann, Kunter, Voss & Baumert, 2012) und darüber hinaus auch auf deren Unterrichtsqualität (Klusmann, 2011a; Kunter, Klusmann et al., 2013) haben. Die gesundheits- und unterrichtsbezogenen Effekte unterstreichen die Relevanz des verantwortungsbewussten und nachhaltigen Umgangs mit den eigenen Ressourcen von Lehrkräften (Mattern, 2014).

Angesichts der theoretischen Ausführungen und aufgeführten Befunde stellt der Aufbau der professionellen Kompetenz eine bedeutende Aufgabe in der Lehrerbildung dar. Zusammenfassend kann festgehalten werden: Die Kompetenz einer Lehrkraft trägt maßgeblich zum schulischen Lern- und Leistungserfolg der Schülerinnen und Schüler bei (u. a. Baumert & Kunter, 2011b; Kunter, Klusmann et al., 2013).

Von welcher Wirkkette dabei ausgegangen wird, zeigt die Abfolge in Abbildung 2.1: Das Ausmaß an professioneller Kompetenz hat einen Einfluss darauf, wie Lehrkräfte Situationen im Unterricht wahrnehmen, interpretieren und darauf aufbauend Entscheidungen treffen (Blömeke et al., 2015). Darüber hinaus trägt die professionelle Kompetenz und hierbei insbesondere das Professionswissen zur Qualität des Unterrichtshandelns einer Lehrperson bei (u. a. Kunter, Klusmann et al., 2013; Lipowsky et al., 2009; Voss, Kunter & Baumert, 2011; Wagner et al., 2016). Die Unterrichtsqualität wiederum wirkt sich auf kognitive (u. a. Kunter, Baumert et al., 2013; Lenske et al., 2016) wie motivationale (u. a. Krapp & Prenzel, 2011; Kunter & Voss, 2011) Aspekte des Lernfortschrittes auf Seite der Lernenden aus. Unter Berücksichtigung weiterer empirischer Befunde wird im nachstehenden Kapitel, spezifisch für das fachdidaktische Professionswissen einer Lehrkraft, der wechselseitige Einfluss dieser Wissensdomäne auf die Unterrichtsqualität und Lernende ergänzend ausgeführt.

2.2 Wirkung von Kompetenzaspekten auf Unterricht und Lernende

Zur Veranschaulichung der komplexen Wirkung von Lehrerkompetenzen auf den Unterricht und die Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler wird oftmals auf das Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2017) zurückgegriffen. In diesem Kapitel wird sich einer modifizierten Form hiervon bedient (vgl. Abbildung 2.2), um daran schrittweise das Zusammenspiel von Merkmalen der Lehrkraft, des Unterrichts und der Lernenden darzulegen. Im Hinblick auf die Merkmale von Lehrkräften weisen bisherige Befunde darauf hin, dass insbesondere ihrem fachdidaktischen Wissen (2.4, 2.5) in dieser Wirkkette eine zentrale Bedeutung zukommt und als „professionsprägend“ (Möller, Lange-Schubert, Kleickmann & Todorowa, 2017, S. 159) anzusehen ist. Aufgrund dessen wird nachstehend nur von jenen Effekten berichtet, die sich im Zusammenhang mit dieser Wissensfacette zeigen.

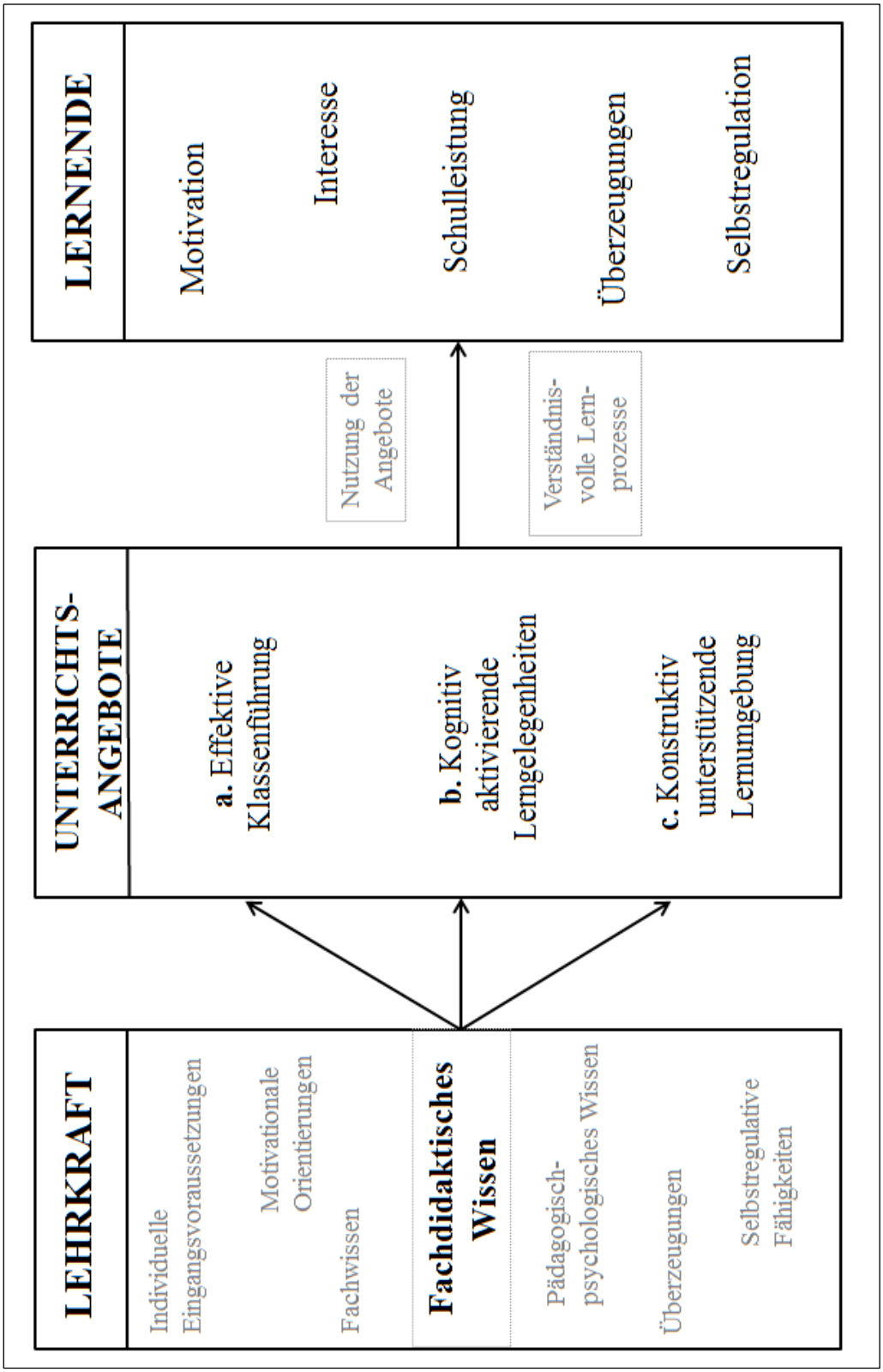


Abbildung 2.2. Wirkung des fachdidaktischen Wissens auf Unterrichtsangebote und Lernende (Verkürzte Darstellung in Anlehnung an das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke, 2017).

Lehrkraft ↔ Unterricht

„Was macht guten (Fach-)Unterricht aus und an welchen Kriterien des Unterrichts kann seine Qualität bewertet werden?“ Dies sind mitunter zwei sehr prominente Fragestellungen in der Unterrichtsqualitätsforschung (Steffensky & Neuhaus, 2018). Um die Qualität des Unterrichtshandelns zu beurteilen, stehen drei Basisdimensionen – auch sogenannte Tiefenstrukturen – im Vordergrund der Untersuchungen (für einen Überblick: Praetorius, Klieme, Herbert & Pinger, 2018; Trautwein, Sliwka & Dehmel, 2018). Bei Tiefenstrukturen handelt es sich „um den Austausch (die Interaktionen) zwischen Lernenden und Lehrenden und um die Beschäftigung der Lernenden mit dem Lerninhalt“ (Kunter & Trautwein, 2013, S. 76).

Wissenschaftlichen Erkenntnissen (z. B. Hattie, 2009; Seidel & Shavelson, 2007) zufolge kommen diesen Bezugspunkten eine größere Bedeutung bei der Qualität und Wirksamkeit von Unterricht zu, als Merkmalen der Oberflächen- bzw. Sichtstrukturen, wie z. B. Unterrichtsmethoden, Sozial- und Organisationsformen (Trautwein et al., 2018). In Abgrenzung zu den zuletzt genannten Merkmalen, deren Anwesenheit sich „direkt“ aus dem Unterrichtsgeschehen selbst feststellen lassen, sind tiefenstrukturelle Merkmale auch bei einer fachkundigen Unterrichtsbeobachtung nicht auf den ersten Blick zu erkennen (Trautwein et al., 2018; Voss, 2019).

In der Abbildung 2.2 sind unter der Rubrik „Unterrichtsangebote“ jene Merkmale (a, b, c) aufgeführt, von deren Ausgestaltung die Qualität und damit auch Wirksamkeit des Unterrichts maßgeblich abhängt (Heymann, 2015). Zunächst ist eine effiziente Klassenführung (a) die Grundlage, um die für das Lernen zur Verfügung stehenden Zeit optimal nutzen zu können (Baumert & Kunter, 2011b). In diesem Sinne gehört zu einer lernwirksamen Unterrichtsgestaltung „ein störungspräventiver, gradliniger und gut organisierter Stundenablauf, bei dem Disziplinprobleme schnell und effektiv abgehandelt werden und die Aufmerksamkeit aller Schülerinnen und Schüler auf die Lehraktivitäten gerichtet ist“ (Dubberke et al., 2008, S. 195). Auf die Frage hin, ob das fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft ihr Klassenmanagement beeinflusst, zeigen sich allerdings überwiegend keine bis negative Zusammenhänge (u. a. Cauet, 2016; Korneck, Krüger & Szogs, 2017; Kunter, Klusmann et al., 2013; Vogelsang, 2014).

Neben dem *classroom management* bemisst sich die Unterrichtsqualität weiterhin auch daran, inwieweit die Lernenden angeregt werden, sich kognitiv aktiv in die Auseinandersetzung mit Lerninhalten einzubringen (b). Mehrere Studien belegen, dass der Grad, in dem die Lernenden kognitiv aktiviert werden, mit dem Umfang an fachdidaktischem Wissen der Lehrkräfte zusammenhängt (u. a. Baumert & Kunter, 2011b; Ergönenç, Neumann & Fischer, 2014; Kunter, Klusmann et al., 2013; Olszewski, 2010).

Die Bereitschaft der Lernenden, sich vertieft mit dem Unterrichtsgegenstand zu beschäftigen, wird allerdings auch dadurch beeinflusst, in welcher Lernumgebung sie sich befinden. Die Gestaltung einer konstruktiven Lernumgebung (c), in der die Lernenden individuell begleitet werden und konstruktiv mit ihren Fehlern und Schwierigkeiten umgegangen wird, wird in diesem Zusammenhang als besonders lernförderlich angesehen (Dubberke et al., 2008; Fauth, Decristan, Rieser, Klieme & Büttner, 2014). Bezogen auf den Fachunterricht zeigt sich das „oftmals im fachlichen Können der Lehrkraft […], wenn bei Verständnisschwierigkeiten die richtige Hilfe und die an das Vorwissen anschließende Erklärung gegeben werden.“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 488). Empirisch lässt sich bestätigen, dass das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften einen Einfluss auf die konstruktive Unterstützung der Lernenden nimmt (Baumert & Kunter, 2011b; Kunter & Klusmann, 2010; Kunter, Klusmann et al., 2013). Praetorius et al. (2018) merken in ihrem Übersichtsartikel über die drei Basisdimensionen an, dass sich qualitätsvoller Unterricht aber nicht nur auf die drei genannten Merkmale zurückführen lässt. Es sollten auch Elemente „such as clarity and structure of the learning content“ (Praetorius et al., 2018, S. 423) verstärkt in Konzeptionen zur Unterrichtsqualität berücksichtigt werden. So fassen zunehmend mehr Arbeiten Aspekte der inhaltlichen Strukturierung als Merkmal der Unterrichtsqualität auf, „womit keine allgemeine Strukturierung im Sinne der Klassenführung gemeint ist, sondern Maßnahmen, die den fachlichen Inhalt betreffen“ (Steffensky & Neuhaus, 2018, S. 305). Neben einer inhaltlichen Klarheit der Aussagen seitens der Lernenden wie Lehrenden, ist auch eine Zielklarheit, bezogen auf das übergeordnete Stundenziel und Ziele einzelner Aufgabenstellungen eine wichtige Maßnahme der inhaltlichen Strukturierung (u. a. Meschede, 2014; Möller, 2016).

Da es sich bei den genannten Basisdimensionen, mit Ausnahme der Klassenführung, um fachspezifische Qualitätsmerkmale handelt, ist es wichtig sie im jeweiligen Fachkontext zu spezifizieren (Klieme & Rakoczy, 2008; Kunter & Ewald, 2016; Praetorius et al., 2018). Daher folgt, unter Berücksichtigung der Kriterien, die für die Qualität des Chemieunterrichts als wichtig erachtet werden, in den Kapiteln 3.2 und 5 eine präzise Beschreibung der drei Basisdimensionen. Hierbei wird die inhaltliche Strukturierung im Sinne einer „fachspezifischen Klassenführung" aufgenommen.

Unterricht ⟷ Lernende

Effizient strukturierte, kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten in einer konstruktiv unterstützenden Unterrichtsatmosphäre sind dennoch nur als ein Angebot an die Schülerinnen und Schüler zu verstehen. Ob und in welchem Grad die bereitgestellten Angebote dann in der Praxis eine Wirkung bei den Lernenden zeigen, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Unter anderem können hier das Vorwissen und die Motivation sowie das in der Lerngruppe vorherrschende Klima genannt werden (Trautwein et al., 2018). Diese Lernvoraussetzungen tragen auch dazu bei, inwieweit die Lernangebote von den Schülerinnen und Schülern tatsächlich genutzt werden (Helmke, 2012). Obwohl sich nicht für alle drei Basisdimensionen positive Zusammenhänge zum fachdidaktischen Wissen einer Lehrkraft bestätigen lassen, gibt es durchgängig positive Befunde zur Wirkung der drei Tiefenstrukturen auf die Leistung und Motivation der Lernenden. So stellt sich bspw. das Merkmal der Klassenführung, sowohl als Prädiktor für die Leistungsentwicklung (Baumert et al., 2010; Fauth et al., 2014; Kunter & Voss, 2011, 2013; Lipowsky et al., 2009) als auch in Bezug auf das Fachinteresse und die Freude am Lernen heraus (Kunter, Klusmann et al., 2013; Kunter & Voss, 2013). Während ein kognitiv aktivierend gestaltetes Lernsetting vorrangig Einfluss auf die Wissensbestände der Schülerinnen und Schüler nimmt (Baumert et al., 2010; Fauth et al., 2014; Kunter, Klusmann et al., 2013; Lipowsky et al., 2009), wirkt sich die konstruktive Unterstützung auf die emotional-motivationale Entwicklung aus (Fauth et al., 2014; Kunter & Voss, 2011; Kunter, Klusmann et al., 2013; Kunter & Voss, 2013).

Lehrkraft ↔ Lernende

Dem Angebots-Nutzungs-Modell zufolge liegt die Zuständigkeit einer Lehrkraft klar auf der Angebots-Seite, da sie diese durch ihr Zutun und ihre Kompetenzen aktiv mitgestalten kann (Trautwein et al., 2018). Dass das fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft hierbei als einflussreicher Prädiktor für die Leistungsentwicklung der Lernenden fungiert, konnte zunächst nur für Mathematiklehrkräfte bestätigt werden (Baumert et al., 2010; Hill, Rowan & Ball, 2005; Krauss, Neubrand et al., 2008; Kunter, Klusmann et al., 2013). Vermittelt über Merkmale der Unterrichtsqualität, können zunehmend auch in den naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen (indirekte) Wirkungen des fachdidaktischen Wissens auf die Leistung und Motivation der Lernenden nachgewiesen werden. So zeigt sich bspw. in Mehrebenenanalysen bei Förtsch, Werner, Kotzebue und Neuhaus (2016), dass das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften mit der kognitiven Aktivierung im Unterricht zusammenhängt und sich jene Lernumgebung positiv auf das Leistungsvermögen der Klasse auswirkt. Eine weitere Studie aus der Biologie kommt zu gleichen Ergebnissen und kann sogar einen direkten Effekt vorweisen (Mahler, Großschedl & Harms, 2017). Für den Chemieunterricht zeigen sich ebenfalls direkte, positive Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte und dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler (Strübe, Tepner & Sumfleth, 2016; Tröger, Sumfleth & Tepner, 2017). Tröger et al. (2017) fokussieren sich in ihrer Untersuchung nur auf den Effekt der Fachsprache, wohingegen Strübe et al. (2016) die Wirkung des angemessenen Umgangs mit Modellen und Experimenten auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler untersuchen. Wird der Einfluss von einzelnen Facetten des fachdidaktischen Wissens auf den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler betrachtet, stellt sich vor allem das Wissen über Schülervorstellung von Lehrkräften als lernwirksam heraus (Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Sadler et al., 2013). Kleickmann und Steffensky et al. (2017) merken in diesem Zusammenhang an, dass es sich bei dieser Wissensfacette „um einen potenziell zentralen Bereich der Kompetenz von Lehrkräften [handelt], der allerdings bislang noch unzureichend empirisch untersucht ist" (Kleickmann, Steffensky et al., 2017, S. 292). Daher fokussiert sich diese Arbeit in den nachstehenden Kapiteln auf die spezifische Wissensfacette zu Schülervorstellungen.

2.3 Einflussfaktoren auf den Professionalisierungsprozess

Die Identifikation von Bedingungen, unter denen der Aufbau und die Entwicklung der professionellen Kompetenz begünstigt werden können, ist vor allem im Hinblick auf die Wirksamkeit und Weiterentwicklung der Lehrerbildung relevant (Harms & Riese, 2018). Überträgt man das Angebots-Nutzungs-Modell des Lernens (Fend, 2008; Helmke, 2012) auf die Phasen der Lehrerbildung (vgl. auch Kunter, Kleickmann, Klusmann & Richter, 2011, S. 59 oder Abbildung 2.3), ist zu erwarten, dass die Kompetenzentwicklung durch ein komplexes Zusammenspiel aus individuellen Lernvoraussetzungen und wahrgenommenen Lerngelegenheiten im Studium beeinflusst wird (u. a. Blömeke, Bremerich-Vos et al., 2011; König et al., 2017; Kunina-Habenicht et al., 2013; Kunter, Baumert et al., 2011). Weitergehend werden im Rahmen der professionellen Entwicklung auch den praktischen Erfahrungswerten von angehenden Lehrkräften, durch Schulpraktika und der im Vorbereitungsdienst erlebten Unterrichtserfahrungen, eine zentrale Rolle zugesprochen (z. B. Bach, 2013; Borowski, Olszewski & Fischer, 2010; Hascher, 2006). Diesen Annahmen folgend, greift auch das eingangs vorgestellte Modell der Professionalisierung in der Lehrerbildung (vgl. Abbildung 2.1) allgemeine Eingangsvoraussetzungen (2.3.1) sowie formelle (2.3.2) und informelle Lerngelegenheiten (2.3.3) als mögliche Einflussfaktoren[5] auf. In den von der KMK (2008; 2019) herausgegebenen, inhaltlichen Anforderungen für die Lehrerbildung werden vor allem für die erste und zweite Phase, die Vermittlung und der Aufbau von theoriegeleitetem Professionswissen hervorgehoben. Es ist demnach anzunehmen, dass speziell darauf ausgerichtete fachwissenschaftliche, wie fachdidaktische Lehrangebote eine entscheidende Rolle in der formalen Lehrerbildung einnehmen (Cochran-Smith & Zeichner, 2011; Darling-Hammond, 2006; Kennedy, Ahn & Choi, 2008; Riese & Reinhold, 2012). Unter dieser Betrachtungsweise sowie der Fokussierung der Arbeit auf fachdidaktisches Wissen, wird nachfolgend speziell die Auswirkung der drei genannten Faktoren auf Aspekte des fachspezifischen Professionswissens thematisiert.

[5] An dieser Stelle sei ebenfalls auf die non-formalen Lerngelegenheiten (u. a. Arbeitskreise, Nutzung von Fachliteratur) verwiesen. Im Folgenden wird auf diese Lerngelegenheiten allerdings nicht näher eingegangen.

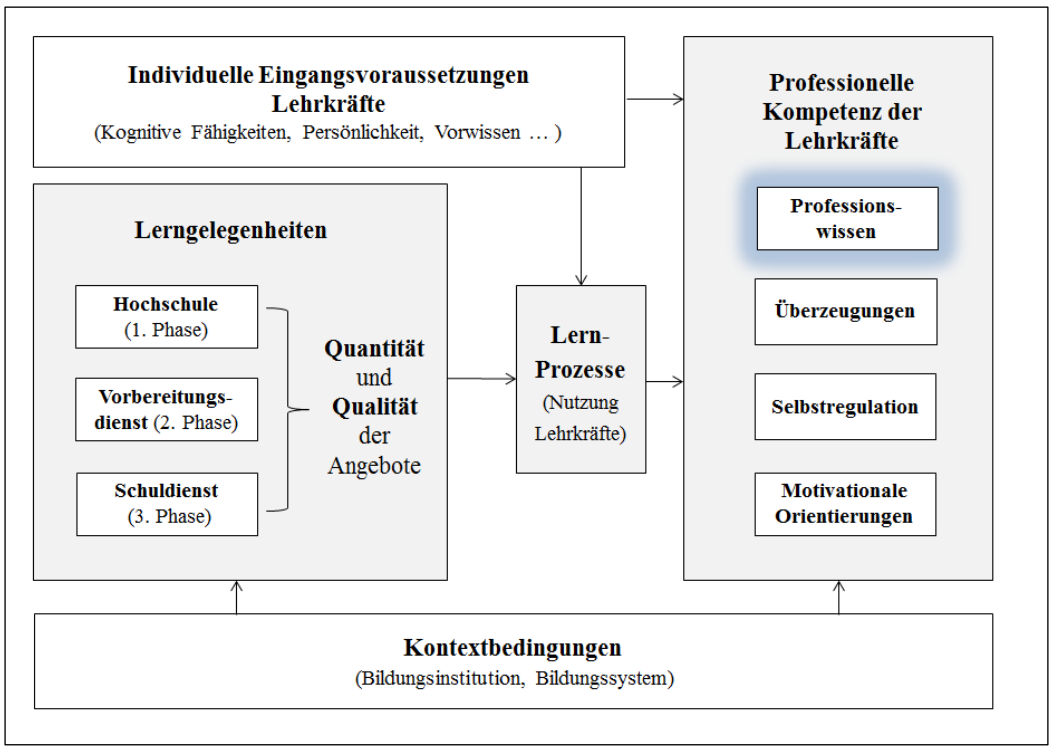


Abbildung 2.3. Angebots-Nutzungs-Modell von Lerngelegenheiten in der Lehrerbildung (adaptiert nach Voss, 2019, S. 11).

2.3.1 Die Rolle von individuellen Eingangsvoraussetzungen

Mit dem Start in das Lehramtsstudium bringen die angehenden Lehrkräfte einige individuelle Eingangsvoraussetzungen mit, von denen angenommen wird, dass sie sich auf die Wahl und Nutzung von Lerngelegenheiten auswirken können (Kunter, Kleickmann et al., 2011; Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018; Voss et al., 2015). Hieraus wird wiederum geschlussfolgert, „dass die kognitiven und psychosozialen Voraussetzungen einer Lehrkraft beeinflussen, wie leicht ihr der Erwerb von fachlichem Wissen fällt“ (Klusmann, 2011b, S. 297). Vermittelt über den Einfluss von Lerngelegenheiten, wird damit auch den individuellen Lernvoraussetzungen ein moderierender Effekt auf den Aufbau professioneller Kompetenzaspekte zugesprochen (Kunter, Kleickmann et al., 2011). Neben soziodemografischen Variablen (u. a. Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017; Riese et al., 2015; Tachtsoglou & König, 2018) und Indikatoren kognitiver Leistungs- bzw. Studierfähigkeit (u. a. Blömeke, Buchholtz & Bremerich-Vos, 2013; Kaub et al., 2012; Kleickmann & Anders, 2011; Kunina-Habenicht et al., 2013; Riese & Reinhold, 2012) werden noch weitere persönliche und motivationale Merkmale (z. B. Big Five-Dimensionen, fachliches und pädagogisches Interesse, Selbstwirksamkeit, Selbstkonzept)

unter den individuellen Lernvoraussetzungen subsummiert und als mögliche Einflussfaktoren im Professionalisierungsprozess diskutiert. Aufgrund der Fülle an aufgeführten Variablen wird zur genaueren Erläuterung der Effekte auf das Professionswissen eine Auswahl an Merkmalen getroffen, die im Kontext der vorliegenden Studie von Bedeutung sind. Exemplarisch wird anhand dem Geschlecht, dem Alter und der Abiturdurchschnittsnote deren Einfluss speziell auf das fachdidaktische Wissen skizziert. Dabei wird eine Abgrenzung zum Einfluss jener Merkmale auf das Fachwissen vorgenommen.

Geschlecht

Das Geschlecht betreffend wird vor allem in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern diskutiert, ob dieses im Zusammenhang mit der Aneignung von Wissen steht (Blömeke, Lehmann et al., 2008; Blömeke, Suhl & Kaiser, 2011; Dollny, 2011; Kirschner, 2013; Riese, 2009). Befunde im Falle des fachbezogenen Wissens liefern relativ klare Tendenzen: In den Fächern Physik (Kirschner, 2013; Riese, 2009; Schödl & Göhring, 2017) und Chemie (Dollny, 2011) schneiden männliche Lehrkräfte tendenziell besser in Fachwissenstests ab. Hingegen stellen sich für das fachdidaktische Wissen nur bei Kirschner (2013) und Schödl und Göhring (2017) Vorteile für das männliche Geschlecht heraus. Allerdings fallen diese Zusammenhänge geringer als zum Fachwissen aus. Bei Dollny (2011) und Riese (2009) bleiben geschlechtsspezifische Effekte für die fachdidaktische Wissensdomäne aus. Die Befunde zum Fachwissensvorsprung werden von Riese (2010) für angehende männliche Physiklehrkräfte diskutiert. Er erklärt sich den Vorsprung dadurch, dass es bereits bei der Schwerpunktsetzung von Leistungskursen in der Oberstufe Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt: Gegenüber den männlichen Studienteilnehmern besuchten die Studienteilnehmerinnen weitaus seltener einen Physik-Oberstufenkurs, was schließlich schon für ein geringeres physikalisches (Vor)wissen sprechen würde. Weiterhin versucht sich Riese (2009) die geschlechtsspezifischen Unterschiede durch einen verschieden stark ausgeprägten *Fachenthusiasmus* zu erklären. Die Begeisterung sich mit Fachinhalten auseinanderzusetzen ist dabei bei den weiblichen Physiklehrkräften geringer ausgebildet. Riese vermutet, dass sich dieser Umstand negativ auf den Erwerb von Fachwissen auswirken kann. Vergleichbare Annahmen für das fachdidaktische Wissen von Chemielehr-

kräften wurden bislang noch nicht postuliert. Allerdings gibt Dollny (2011) zu bedenken, dass auch die bei Lehrerinnen häufiger zu findende Teilzeitbeschäftigung eine Bedeutung für die Entwicklung und Erweiterung des Professionswissens haben könnte.

Alter

Oftmals wird bei der Frage nach der Auswirkung der Lehrerfahrung auf den Wissenserwerb, das Alter stellvertretend für die Berufserfahrung herangezogen (Kirschner, 2013; Pietzner, 2016; vgl. auch 2.3.3). Im Hinblick auf das fachbezogene Professionswissen lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge zum angegebenen Lebensalter der befragten Lehrkräfte beobachten (u. a. Kirschner, 2013). Wird das Alter der Probandinnen und Probanden im Zusammenhang zum fachdidaktischen Wissen betrachtet, schneiden oftmals jüngere Lehrkräfte besser ab (u. a. Kirschner, 2013). Auch bezüglich einzelner Wissensfacetten, wie dem Wissen über Schülervorstellungen, zeigen sich ähnliche Ergebnisse (Chemie: Pietzner, 2016; Physik: T. Wilhelm, 2008). Als Grund, warum jüngere Lehrkräfte besser als ältere, auf Schülervorstellungen reagieren können, führt Pietzner (2016) an, dass sie „zunehmend offenere Lehr- und Lernformen in den Unterricht integrieren“ (Pietzner, 2016, S. 118).

Abiturdurchschnittsnote

Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass bestimmte kognitive Fähigkeiten den Professionalisierungsprozess beeinflussen und demnach entscheidend dafür sind, wie Lern- und Entwicklungsprozesse bei angehenden Lehrkräften verlaufen (Kunter, Kleickmann et al., 2011). In Studien zur Professionsforschung von Lehrkräften wird als Indikator für den Bereich der kognitiven Fähigkeiten bzw. allgemeinen Studierfähigkeiten zumeist auf die durchschnittliche Abiturnote zurückgegriffen (Blömeke, Buchholtz et al., 2013; Kleickmann & Anders, 2011; Klusmann, 2011b; Kunina-Habenicht et al., 2013; Riese et al., 2015). Wird der Zusammenhang der Abiturnote zum Fachwissen von (angehenden) Lehrkräften untersucht, zeigen sich relativ durchgängig mittlere (negative) Zusammenhänge (z. B. Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008; Großschedl, Neubrand et al., 2015; Kleickmann & Anders, 2011; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017; Kröger, 2019; Riese, 2009; Riese & Reinhold, 2012; Schödl & Göhring, 2017). Auch für das fachdidaktische Wissen lässt

sich beobachten, dass bessere Abiturnoten mit einem stärker ausgeprägten fachdidaktischen Wissen einhergehen (u. a. Blömeke, Buchholtz et al., 2013; Großschedl, Neubrand et al., 2015; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017; Riese & Reinhold, 2012; Schödl & Göhring, 2017). Riese et al. (2015) überprüfen die Beziehung von kognitiven Grundfähigkeiten sogar in Bezug auf vier einzelne fachdidaktische Wissensfacetten (Schülervorstellungen, fachdidaktische Konzepte, Experimente und Instruktionsstrategien). Hierbei stellen sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Abiturnote und dem Wissen angehender Physiklehrkräften im Bereich der Schülervorstellungen und Experimente heraus. Vergleichbare Zusammenhänge für das fachdidaktische Wissen von Chemielehrkräften sind bislang noch nicht bekannt.

2.3.2 Formelle, fachspezifische Lerngelegenheiten

Für den Aufbau professionellen Wissens von (angehenden) Lehrkräften sind weiterhin auch Lehr-Lern-Settings im Rahmen des Lehramtsstudiums sowie in der anschließenden Praxisphase bedeutsam (z. B. Cochran-Smith, 2005; Kunter, Kleickmann et al., 2011; Terhart, 2008). In der zunächst noch stärker theorieorientierten ersten Phase bezieht sich die Wissensvermittlung dabei vorrangig auf deklarative Wissenskomponenten (Frey & Jäger, 2008; Krauss, Neubrand et al., 2008; Stender, 2014). Demgegenüber wird die Berufserfahrung oft als Möglichkeit zur Erweiterung von prozeduralem Wissen aufgefasst (Bromme, 1997; Stender, 2014; Voss et al., 2015; vgl. auch 2.3.3). Da es sich bei institutionalisierten Lernsettings zumeist um didaktisch vorstrukturierte oder organisierte Lernangebote handelt, wird von formellen[6] Lerngelegenheiten gesprochen (Hofmann, 2015). In Form von Lehrveranstaltungen (Seminare, Vorlesungen) finden diese in klassischen Bildungsinstitutionen (Universitäten, Hochschulen, Studienseminaren) statt und führen üblicherweise zu zertifizierten Abschlüssen (Kunina-Habenicht et al., 2013; Kunter, Kleickmann et al., 2011). Domänenübergreifend liegen zahlreiche empirische Befunde vor, die die Bedeutung des universitären Lehramtsstudiums für den Aufbau fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Wissens bei angehenden Lehrkräften bestätigen (z. B. Blömeke, Kaiser, Döhrmann, Helsper

[6] Kunter, Kleickmann, Klusmann und Richter (2011) sprechen von formalen Lerngelegenheiten.

& Tippelt, 2011; Hartmann, 2018; Kleickmann, Tröbst et al., 2017; König & Seifert, 2012; Kunina-Habenicht et al., 2013; Riese & Reinhold, 2012; Tachtsoglou & König, 2018).

Werden speziell die zwei Phasen der Lehrerbildung (vgl. Abbildung 2.3) für naturwissenschaftliche Fächer betrachtet, zeigt sich bezüglich der Frage, welcher Abschnitt bedeutsam für die Ausprägung an professionellen Wissensinhalten ist, allerdings ein uneinheitliches Bild. So können bspw. Schmelzing, Wüsten, Sandmann und Neuhaus (2010) keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl an belegten fachdidaktischen Lernangeboten im Studium und dem entwickelten deklarativen, fachdidaktischen Wissen (Biologie) feststellen. Kleickmann et al. (2013) zeigen hingegen, dass sowohl die erste, wie auch zweite Phase der Lehrerbildung eine zentrale Stellung bei der Entwicklung von fachdidaktischem Wissen (Sachunterricht) einnimmt. Der Zuwachs an Fachwissen wird in dieser Studie allerdings hauptsächlich durch die erste Phase beeinflusst. Hinsichtlich der Zunahme an fachdidaktischem Wissen, ist für angehende Physiklehrkräfte vorrangig die während des Vorbereitungsdienstes gemachte Unterrichtserfahrung bedeutsam (Borowski et al., 2010). Demgegenüber geht aus der Längsschnittuntersuchung von Mutke (2017) für angehende Chemielehrkräfte hervor, dass sich zwar deren fachwissenschaftliches und (deklarativ) pädagogisches Wissen über den Vorbereitungsdienst hinweg entwickelt, sich für das fachdidaktische und (prozedural-konditional) pädagogische Wissen allerdings keine messbaren Veränderungen zeigen. Insgesamt lassen sich die Ergebnisse aufgrund mangelnder inhaltlicher Kohärenz allerdings nur schwer miteinander vergleichen. Zum einen adressieren die Arbeiten unterschiedliche Domänen und Facetten des Professionswissens und zum anderen weichen die Indikatoren, die sie als Bedingungsfaktoren für fachspezifische Lerngelegenheiten in den jeweiligen Phasen des Lehramtsstudiums heranziehen, stark voneinander ab.

Da der Schwerpunkt in dieser Arbeit auf der Untersuchung des chemiedidaktischen Wissens von angehenden Lehrkräften zu Schülervorstellungen liegt, wird in Folge kurz auf jene Studien eingegangen, die Einflussfaktoren auf diese spezifische Wissensfacette untersuchen. Aus den Untersuchungen von Pietzner (2016) und Kleickmann und Steffensky et al. (2017) geht bspw. hervor, dass eine Beschäftigung mit der Lernerperspektive während des Studiums bzw. Vorbereitungsdienstes damit einhergeht, dass die befragten Lehrkräfte Schülervorstellungen auch tendenziell

besser identifizieren können. Dennoch sind in beiden Untersuchungen große interindividuelle Unterschiede in der Testleistung der Lehrkräfte zu konstatieren. Diese Unterschiede können dabei durch weitere Determinanten des eingangs erwähnten Angebot-Nutzungs-Modells (vgl. Abbildung 2.3) bedingt sein. Dieses Modell macht bereits durch seinen Namen darauf aufmerksam, „dass die universitäre Ausbildung ein Angebot darstellt, das nicht direkt zu der Entwicklung der professionellen Kompetenz der angehenden Lehrkräfte führt, sondern dass die eigene Entwicklung durch die individuelle Nutzung dieses Angebots durch die Studierenden determiniert wird“ (Tachtsoglou & König, 2018, S. 18). Für den Zuwachs an Professionswissen ist demnach anzunehmen, dass neben den bereitgestellten Lerngelegenheiten auch deren individuelle Inanspruchnahme bedeutsam ist (z. B. Blömeke, Bremerich-Vos et al., 2011; König & Seifert, 2012; Kunina-Habenicht et al., 2013; Kunter, Kleickmann et al., 2011). Die unterschiedliche Nutzung der Lernangebote wird dabei auf verschiedene kognitive, motivationale Voraussetzungen sowie persönliche Eingangsmerkmale der (angehenden) Lehrkräfte zurückgeführt (Bauer et al., 2010; Kunter, Kleickmann et al., 2011, vgl. auch 2.2.1). Darüber hinaus wird von einzelnen Arbeiten, neben weiteren Prädiktoren wie dem Studiengang oder der Semesterzahl (z. B. Großschedl, Harms, Kleickmann & Glowinski, 2015), auch der Einfluss der inhaltlichen und qualitativen Gestaltung der Lernangebote hinterfragt (u. a. Hilfert-Rüppell, Eghtessad, Looß & Höner, 2016; König & Seifert, 2012).

2.3.3 Informelle Lerngelegenheiten im Lehrerberuf

Bei Lerngelegenheiten, die mit der Berufspraxis einhergehen und dabei nicht zwingend als klassische Lernform wahrgenommen werden, handelt es sich um informelle Lerngelegenheiten (Hofmann, 2015; Richter, 2011). Im Schulkontext bieten sich solche Lernmöglichkeiten z. B. in der Interaktion mit Lernenden, der Reflexion des eigenen Unterrichtshandelns oder im Austausch mit dem Kollegium und den Eltern an (Voss, 2019). Diese alltäglichen Lernsituationen ereignen sich nicht innerhalb der in 2.3.2 genannten institutionalisierten Einrichtungen, sondern direkt am „Arbeitsplatz“ und sind damit auch nicht auf einzelne Phasen innerhalb der Lehrerbildung begrenzt (Kunter, Kleickmann et al., 2011). Demnach ist die Entwicklung professionellen Wissens nicht ausschließlich als ein Resultat theoretischer Studieninhalte zu verstehen. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass sich die tägliche Unterrichtspraxis und damit auch die Dauer der Berufstätigkeit auf den

Umfang an Professionswissen auswirken (z. B. Bauer et al., 2010; Ericsson, 2006; Kolbe, 2004; Kunter, Kleickmann et al., 2011). Obwohl die theoretisch angenommene Einflussnahme von praktischen Lehrerfahrungen zur Erweiterung von Wissensinhalten nachvollziehbar ist, kann anhand der nachstehenden Studienergebnisse die Frage nach dem Effekt von Berufs- bzw. Unterrichtserfahrungen noch nicht abschließend beantwortet werden. So lässt sich die Annahme, dass die Praxiserfahrung als Prädiktor für die Wissensentwicklung fungiert, in Studien verschiedener Domänen (z. B. COACTIV, FALKO, PLUS) empirisch nicht bestätigen. Die ProwiN-Studie zeigt sogar fächerübergreifend, dass Physiklehrkräfte mit mehr als fünf Jahren und Biologielehrkräfte mit mehr als 19 Jahren Berufserfahrung über ein geringeres fachdidaktisches Wissen verfügen als Kolleginnen und Kollegen mit weniger Berufserfahrung (Jüttner, 2013; Olszewski, 2010). Das gleiche gilt für Chemielehrkräfte mit einer mindestens zehnjährigen Berufserfahrung (Dollny, 2011). Wird das Referendariat[7], aufgrund der zunehmenden unterrichtspraktischen Anteile, mitunter zu den informellen Lerngelegenheiten gezählt, können zudem die Längsschnittergebnisse von Mutke (2017) angeführt werden. Er betrachtet das fachdidaktische Wissen von angehenden Chemielehrkräften im Verlauf des Referendariats und konnte auch hier über drei Messzeitpunkte hinweg keine signifikanten Veränderungen nachweisen. Wird der Einfluss von Lehrerfahrungen auf einzelne Facetten des fachdidaktischen Wissens eingehender betrachtet, weisen Studien (z. B. Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016; T. Wilhelm, 2008), die sich in diesem Zuge mit dem Wissen über Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht auseinandersetzen, auf ähnliche Zusammenhänge hin: Die Lehrerfahrung im jeweiligen Fach ist nicht ausschlaggebend, um themenspezifische Schülervorstellungen besser identifizieren zu können. Aus den aufgeführten Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass die Berufserfahrung nicht per se zum Zuwachs an Professionswissen führen muss. An dieser Stelle ist allerdings anzumerken, dass der Einfluss der Erfahrung im Lehrerberuf meist anhand der Anzahl an Dienstjahren – als gröbster Auflösungsgrad – untersucht wurde (Brunner et al., 2006; Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller,

[7] Die Bezeichnungen „Referendariat“ und „Vorbereitungsdienst“ werden in dieser Arbeit gleichbedeutend verwendet, was dem Umstand geschuldet ist, dass die Bezeichnung für die zweite Phase der Lehrerbildung in den verschiedenen Lehrerbildungssystemen unterschiedlich gehandhabt wird.

2012). Weiterhin lassen sich die Berufs- und Lehrerfahrung (angehender) Lehrkräfte über „allgemeine Erfahrung im Beruf der Lehrkraft, Erfahrung im Unterrichten eines Unterrichtsfaches und Erfahrung im Unterrichten eines spezifischen Inhalts“ (M. Schmidt, 2014, S. 58) erfassen. Werden solche Kriterien für die Praxiserfahrung angelegt, so zeigt sich bspw. bei Kirschner (2013), die den Zusammenhang des fachlichen und fachdidaktischen Wissens zur Anzahl an unterrichteten Physikstunden pro Woche untersucht, sehr wohl positive Ergebnisse. Auch laut den Befunden der Arbeitsgruppe um Van Driel spielt „learning from teaching“ (O. De Jong & Van Driel, 2004, S. 489) beim Aufbau von fachdidaktischem Wissen eine entscheidende Rolle (O. De Jong & Van Driel, 2004; Van Driel, Verloop & Vos, 1998; Van Driel, De Jong & Verloop, 2002).

2.4 Professionelles Wissen als Teil der professionellen Kompetenz

Auf die Frage hin, ob man im Bereich der Tätigkeiten einer Lehrkraft von einer Profession sprechen kann, vertreten Baumert und Kunter die Auffassung, „dass erfolgreiches Unterrichten vor allem aufgrund einer gut vernetzten und umfangreichen domänenspezifischen Wissensbasis ermöglicht wird“ (Baumert & Kunter, 2011a, S. 30). Die auf Shulman (1987) zurückgehende Dreiteilung von Professionswissen in *content knowledge (CK), pedagogical content knowledge (PCK) und pedagogical knowledge (PPK)*, hat sich auch in der deutschen Forschungsliteratur[8] durchgesetzt (z. B. Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017; Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018; Tepner et al., 2012). Die drei Wissensdomänen – Fachwissen, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen – werden nachstehend vorgestellt (2.4.1). Darüber hinaus wird neben den drei Kernbereichen auch anhand der verschiedenen Wissensarten (u. a. deklaratives und prozedurales Wissen) eine Konkretisierung des Professionswissens vorgenommen (2.4.2).

[8] Um eine bessere Lesbarkeit zu gewährleisten werden in Folge ausschließlich die englischen Abkürzungen CK, PPK und PCK, als Synonyme der deutschen Bezeichnungen Fachwissen, pädagogisch-psychologisches Wissen und fachdidaktisches Wissen verwendet.

2.4.1 Wissensdomänen des Professionswissens

Fachwissen (content knowledge – CK)

Fundierte Fachkenntnisse stellen die Grundlage für eine angemessene Unterrichtsvorbereitung und -durchführung dar. Solides CK wird benötigt, um flexibel in jeglichen Unterrichtssituationen auf die Anliegen und Fragen der Lernenden reagieren zu können (Schödl, 2017). Darüber hinaus nehmen die Kenntnisse von fachlichen Konzepten und ihren Zusammenhängen eine zentrale Rolle bei der Diagnose von Schülervorstellungen ein (Kleickmann, 2012; Pietzner, 2016). Unter CK verstehen die meisten Studien der Professionalisierungsforschung (z. B. COACTIV, MT21, ProwiN) mehr, als nur das reine Alltags- bzw. verbliebene Schulwissen. Vielmehr werden verschiedene Niveaustufen zur Konkretisierung des CK verwendet.

Dabei werden häufig die folgenden Wissensstufen unterschieden: fachliches Alltagswissen, Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres bzw. akademisches Wissen (Baumert & Kunter, 2011a; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017; Riese, 2009). Da das fachbezogene, wie auch das fachdidaktische Professionswissen einer Fach- und auch Themenabhängigkeit unterliegt, erfolgt die Erhebung dieser Wissensdomänen immer unter Berücksichtigung von Themengebieten (z. B. Physik: u. a. Mechanik (Kirschner, 2013), Chemie: u. a. Atombau und Periodensystem (Dollny, 2011), Biologie: u. a. Blutkreislaufsysteme (Schmelzing, 2010)). Allerdings bestätigen einige Studien, dass das alleinige CK einer Lehrkraft nicht ausreichend ist, um Fachinhalte verständlich für die Lernenden aufzubereiten und ihnen zu vermitteln (u. a. Abell, 2007; Baumert et al., 2010; Hill et al., 2005). Notwendig sind hierfür auch die Fähigkeiten von Lehrpersonen „Unterrichtsinhalte fachgemäß zu strukturieren, Lernschwierigkeiten der Lernenden zu erkennen und adäquate Instruktionsstrategien zu entwickeln und anzuwenden“ (Harms & Riese, 2018, S. 289). Dieses Know-how gehört zum Repertoire an sogenanntem PCK, welches wiederum hilfreich ist, um Fachinhalte in Lehr-Lernprozesse zu integrieren (Kulgemeyer, 2013).

Fachdidaktisches Wissen (pedagogical content knowledge – PCK)

Nach Neuweg handelt es sich beim PCK weder um reines CK, noch um PPK, sondern vielmehr um die Zusammenführung beider Teilkonstrukte „zu einem eigenständigen, berufstypischen Wissensbereich“ (Neuweg, 2010, S. 102). In Abgrenzung von Fach- bzw. Erziehungswissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen greifen Lehrkräfte demnach mit ihrem PCK auf eine „lehrerspezifische Wissensdomäne“ (Kröger, 2019, S. 28) zurück. Im Unterricht ist dies daran zu erkennen, wie verständlich Lehrkräfte den Lehrstoff präsentieren, sowie Äußerungen und Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler gekonnt berücksichtigen (Bromme, 1995). Weiterhin sollten Lehrkräfte über ein fundiertes Repertoire an Instruktions- und Erklärungsstrategien verfügen, um der (zunehmenden) Heterogenität der zu unterrichtenden Klassen gerecht zu werden. Heterogenes Vorwissen spiegelt sich bspw. in zahlreichen Vorstellungen wieder, die die Lernenden zu verschiedenen Themen in den Unterricht einbringen (Kapitel 3). Damit zählen neben dem Wissen, adressatenorientiert fachliche Inhalte erklären und repräsentieren zu können, auch die Kenntnisse über Schülervorstellungen zu den zentralen Aspekten des PCK. Wie der nachstehenden Übersicht (vgl. Tabelle 2.1) zu entnehmen ist, werden die zwei Kernelemente von verschiedenen Autorinnen und Autoren sowie nationalen und internationalen Forschungsgruppen um weitere Unterfacetten des PCK ergänzt.

Tabelle 2.1. Operationalisierungen von PCK (Eigene Darstellung verändert und erweitert nach Cauet, 2016, S. 18)

	Wissenschaftler/innen & Projekte																							
Wissen über …	Shulman (1986, 1987)	Tamir (1988)	Grossman (1990)	Marks (1990)	Cochran, DeRuiter & King (1993)	Fernández-Balboa & Stiehl (1995)	Magnusson, Krajcik & Borko (1999)	Hashweh (2005)	Loughran, Berry & Mulhall (**2006**, 2012)	Hill, Ball & Schilling (2008)	Park & Oliver (2008)	Blömeke, Kaiser et al. (2008) **MT21**	Lee & Luft (2008)	Riese (2009)	van Dijk & Kattmann (2010)	Blömeke, Kaiser et al. (2010) **TEDS-M**	Lange (2010) **PLUS**	Baumert & Kunter (2006) **COACTIV**	Tepner et al. (2012) **ProwiN**	Kröger et al. (2013) **KiL, KeiLa**	Gramzow et al. (2013b) **ProfiLe-P**	Ergönenç et al. (2014) **QuiP**	Malcolm & Mavhunga (2015)	Schödl (2017) **FALKO-Physik**
Schülervorstellungen	x	x	x	x	x	x	x	x	**x**	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vermittlungsstrategien und Repräsentationen	x	x	x	x		x	x	x	**x**	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fach-/Unterrichtsziele			x			x	x	x	**x**		x		x	x									x	
Curriculum/Lehrplan		x	x				x	x	x	x	x	x	x	x		x				x		x	x	
Leistungsbeurteilung		x					x	x	x		x		x	x		x				x			x	
Medien				x									x											
Fachwissen				x	x	x		x	**x**	x													x	
Kontext					x	x		x	**x**													x	x	
Pädagogik					x			x	**x**														x	

Die Vielzahl an unterschiedlichen Konzeptualisierungen und Unterfacetten[9] macht dabei deutlich, dass in der empirischen Professionalisierungsforschung bislang noch keine Einigkeit darüber besteht, was das fachdidaktische Wissensrepertoire einer Lehrperson schlussendlich umfassen sollte. Aufgrund dessen, dass alle aufgeführten Studien in der Übersicht, durchgängig die Kenntnisse über Schülervorstellungen[10] zum Untersuchungsgegenstand haben, konzentriert sich auch die vorliegende Arbeit hierauf. Häufig wird dieser Kenntniskategorie das Wissen um typische, themenspezifische Schülervorstellungen zugeordnet (u. a. Schmelzing, 2010, Dollny, 2011, Schödl, 2017). Da das Wissen zum adäquaten Umgang mit der Lernerperspektive allerdings um einiges umfangreicher ist und zugleich eine zentrale Stellung in der Chemiedidaktik einnimmt, wird sich dieser einzelnen PCK-Facette in einem gesonderten Kapitel (Kapitel 3) vertieft gewidmet.

Pädagogisch-psychologisches Wissen (pedagogical knowledge – PPK)

Das pädagogische Wissen oder pädagogisch-psychologische Wissen (Voss & Kunter, 2011) bildet die dritte Wissensdomäne. Deren zentrale Aufgabe liegt „in der erfolgreichen Gestaltung und Optimierung der Lehr-Lehrprozessen in verschiedenen Fächern“ (Voss & Kunter, 2011, S. 194). Somit können Kenntnisse in diesem Bereich als weitgehend fachunspezifisch aufgefasst werden (Bromme, 1997; Brunner et al., 2006; Dann, 2008). Aufgrund der Fachunabhängigkeit umfasst das PPK vielfältige Kenntnisbereiche, wie z. B. „Konzeptuelles bildungswissenschaftliches Grundlagenwissen“, „Allgemeindidaktisches Konzeptions- und Planungswissen“, „Wissen über Unterrichtsführung und Orchestrierung von Lerngelegenheiten“, „Wissen über fachübergreifende Prinzipien des Diagnostizierens, Prüfens und Bewertens“ sowie „Methodische Grundlagen empirischer Sozialforschung“ (Baumert & Kunter, 2011a, S. 39). In den Forschungsarbeiten zum Professionswissen werden allerdings jeweils verschiedene Aspekte herausgegriffen bzw. fokussiert, sodass hier eine große Spannbreite an Konzeptualisierungen für PPK zu finden ist. Eine

[9] In dem ProwiN- und ProfiLe-P-Projekt sowie in FALKO-Physik wurden noch weitere projektspezifische PCK-Unterfacetten (z. B. Modelle/Konzepte, Experimente, Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses) hinzugenommen, die aufgrund ihrer seltenen Sonderstellung nicht in die Tabelle 2.1 aufgenommen wurden.

[10] Gelegentlich wird in diesem Zusammenhang, wie bei Kunter und Baumert (2011) oder Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al. (2017), auch der Begriff der „Schülerkognition“ gewählt. Kenntnisse über typische Vorstellungen und Lernschwierigkeiten der Lernenden sind in den entsprechenden Konstruktfacetten allerdings jeweils inbegriffen.

einheitliche bzw. endgültige Definition liegt damit gegenwärtig noch nicht vor. Einigkeit besteht dahin gehend, dass vor allem die Klassenführung und individuelle Unterstützung der Lernenden als zentrale Bestandteile dieser Wissensdomäne betont werden (u. a. Baumert & Kunter, 2013; Borowski et al., 2010; Franz, Wacker & Heyl, 2018; König & Blömeke, 2009; Lenske et al., 2016; Praetorius, Vieluf, Saß, Bernholt & Klieme, 2016; Tepner et al., 2012). Die Fokussierung auf Kenntnisse im Bereich der Klassenorganisation und des Klassenmanagements (*classroom management*) nimmt bereits auch Shulman (1986) vor. Sie gilt als Voraussetzung und gleichsam als Grundlage dafür, dass Lehr-Lernprozesse effektiv und reibungslos gestaltet werden können (Voss & Kunter, 2011). Ergänzend hierzu fasst die COACTIV-Studie auch die Herstellung eines lernförderlichen Klassenklimas sowie das Wissen zur Motivation der Lernenden als PPK-Aspekt auf (Krauss et al., 2004). Da im Gegensatz zum PPK, bei CK und PCK immer fach-, themen- und kontextspezifische Aspekte enthalten sind (Park & Chen, 2012), wird das Verständnis von PCK speziell für die Naturwissenschaftsdidaktik in Kapitel 2.5 betrachtet.

2.4.2 Wissensarten

In den theoretischen Konzeptualisierungen des Professionswissens wird neben der Unterscheidung von verschiedenen Wissensdomänen (CK, PCK, PPK) und Wissensfacetten (vgl. Tabelle 2.1) eine weitere Differenzierung in Wissensarten[11] vorgenommen. Tabelle 2.2 gibt einen Überblick wie Wissensarten national und international klassifiziert werden. Aus der Übersicht wird schnell ersichtlich, dass bislang noch keine einheitliche Verwendung der Terminologie „Wissensarten“ zu finden ist. Aufgrund der unterschiedlichen Auslegung gleicher Begriffe, ergeben sich für jede Arbeit z. T. auch verschiedene wissenschaftstheoretische Auffassungen über die einzelnen Wissensarten, sodass die Vergleichbarkeit der Ansätze nur eingeschränkt möglich ist (Gramzow et al., 2013a; Krauss, Neubrand et al., 2008).

[11] Weitere Begriffe wie „Wissenskomponenten“ (Schmelzing, 2010, S. 30), „Wissensformen“ (König & Blömeke, 2009, S. 507), „Wissenstypen“ (Baumert & Kunter, 2011, S. 33; Stender, 2014, S. 20) oder „types of knowledge“ (Lindmeier, 2011, S. 19) sind ebenso gebräuchlich. In dieser Arbeit wird der in naturwissenschaftlichen Projekten verwendete Terminus „Wissensarten“ verwendet (vgl. ProwiN; KiL).

Tabelle 2.2. Nationale und internationale Bezeichnungen von verschiedenen Wissensarten (zusammengeführt aus den angegebenen Quellen)

Wissensarten	Weitere Begriffsverständnisse
Faktenwissen bzw. Deklaratives Wissen	„Declarative knowledge“ (Paris, Lipson & Wixson, 1983, S. 303) „Formal knowledge“ (Fenstermacher, 1994, S. 23) „Propositional knowledge“ (Shulman, 1986, S. 10) „Factual Knowledge“ (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 5)
Konzeptuelles Wissen	„Conceptual Knowledge“ (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 48)
Prozedurales Wissen	„Practical knowledge“ (Fenstermacher, 1994, S. 16) „Performance knowledge“ (Fenstermacher, 1994, S. 25) „Procedural Knowledge“ (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 52; T. De Jong & Ferguson-Hessler, 1996, S. 107; Paris et al., 1983, S. 303) „Wissen und Können“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 481)
Metakognitives Wissen	„Metacognitive Knowledge“ (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 55)
Konditionales bzw. pragmatisches Wissen	„Conditional knowledge” (Paris et al., 1983, S. 303)
Schematisches Wissen	„Schematic knowledge“ (Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 2005, S. 413)
Strategisches Wissen	„Strategic knowledge“ (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 56; T. De Jong & Ferguson-Hessler, 1996, S. 107; Shavelson et al. , 2005, S. 413; Shulman, 1986, S. 10) „Strategisches Wissen“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 481)
Situationsbezogenes Wissen	„Situational knowledge“ (T. De Jong & Ferguson-Hessler, 1996, S. 106)
Reflexives Wissen	„Reflexive Komponenten“ (Schmelzing, 2010, S. 30 ff.)

Einigkeit der verschiedenen Arbeiten besteht zumindest darin, dass sie durchgängig eine Unterteilung von deklarativem und prozeduralem Wissen vornehmen (z. B. Bromme, 2001; Klieme et al., 2003; König, 2010). Dass sich diese beiden Aspekte durchgesetzt haben, wird bspw. auch daran deutlich, dass sie in den meisten Konzeptualisierungen des Professionswissen in den Naturwissenschaften Berücksichtigung finden (u. a. Kirschner, 2013; Olszewski, Neumann & Fischer, 2009; Riese & Reinhold, 2010; Schmelzing et al., 2010; Tepner et al., 2012; vgl. auch 2.5). Da insbesondere das deklarative und prozedurale Wissen als „notwendige Voraussetzung für professionelles Handeln im Unterricht" (Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017, S. 38) und damit „für eine erfolgreiche Berufsausübung" (Mutke, 2017, S. 6) anzusehen ist, folgen nachstehend weitere Ausführungen für diese beiden Wissensarten. Eine übersichtliche Zusammenfassung für den Großteil der anderen, in der Tabelle 2.2 aufgeführten Wissensarten findet sich bei Anderson & Krathwohl (2001, S. 45 ff.).

Das *deklarative* Wissen wird auch als theoretisches und tatsachenbezogenes Wissen (Fenstermacher, 1994, S. 11 und S. 21 ff.) bzw. domänenspezifisches Faktenwissen (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 45) eines Menschen bezeichnet. Als „Wissen, dass etwas ist" („Knowing that", Anderson & Krathwohl, 2001, S. 41) beinhaltet es vor allem Kenntnisse über Fakten, Sachverhalte, Begriffe, Konzepte und Prinzipien, die sich auf eine bestimmte Domäne beziehen (T. De Jong & Ferguson-Hessler, 1996; Krause & Stark, 2006). Aufgrund der Fachspezifität der Wissensart, zählen Anderson und Krathwohl (2001) hierzu auch das Wissen über das jeweilige Fachvokabular (S. 46). Ein weiteres Kriterium für das deklarative Wissen ist, dass es „im wissenschaftlichen Diskurs als richtig oder falsch" (Stender, 2014, S. 20) eingeordnet werden kann und vorherrschend im Zuge der ersten Phase der Lehrerbildung aufgebaut wird (Baumert & Kunter, 2011a). Auf den Schulkontext übertragen, können unter deklarativem Wissen diejenigen grundlegenden Wissensbestände verstanden werden, die eine Lehrkraft benötigt um ihren Fachunterricht systematisch zu organisieren (Anderson & Krathwohl, 2001). Beispielsweise zählen „Kenntnisse über vorunterrichtliche Schülervorstellungen zu einem bestimmten Unterrichtsinhalt" (Schmelzing et al., 2010, S. 192) zu diesen Wissensbeständen.

Das *prozedurale* Wissen hingegen umfasst fachspezifisches, handlungsnahes Wissen und wird damit für die Anwendung von Wissensbeständen benötigt (z. B. Beck, Baer, Guldimann, Bischoff & Brühwiler, 2008; Voss, Kunter et al., 2011; Voss et al., 2015). Nach dieser Auffassung kann das deklarative Wissen als Voraussetzung für die Umsetzung von prozeduralem Wissen verstanden werden (König, 2010). Um am Beispiel der Schülervorstellungen zu bleiben, beinhaltet nach Schmelzing et al. (2010), das prozedurale Wissen „die Fähigkeit einen Schülerfehler zu bemerken und auf diesen spontan fachdidaktisch wirksam zu reagieren“ (Schmelzing et al., 2010, S. 192). Häufig wird diese Wissensart auch als „Wissen, wie etwas zu tun ist“ („knowing of how“, Anderson & Krathwohl, 2001, S. 502) umschrieben. Darunter fallen u. a. das Wissen über typische Handlungsabläufe, Routinen und Algorithmen (Metz, Maier, Kleinknecht, Bohl & Hoppe, 2012, S. 27). Weiterergehend gehören für Anderson und Krathwohl (2001) neben subjektspezifischen Fertigkeiten auch Methoden und Techniken zu dieser Wissensart (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 46). Mit Blick auf den Schulunterricht handelt es sich für Voss et al. (2015) bei prozeduralem Wissen um Wissensinhalte, „die sich aus den Anforderungen des tagtäglichen Unterrichtens ableiten lassen“ (Voss et al., 2015, S. 195). Grundlegend sind damit Kenntnisse gemeint, die Lehrkräfte für die im Unterricht ablaufenden Handlungen bzw. Handlungsprozesse benötigen (Tepner et al., 2012, S. 17). Insgesamt kann damit das prozedurale Wissen als „besonders handlungsrelevant“ (Blömeke, Felbrich & Müller, 2008, S. 174) betrachtet werden. Aufgrund der zentralen Stellung dieses Wissens für die tatsächliche Berufsausübung, können sich Kenntnisse innerhalb dieser Wissensart vor allem durch Erfahrungen in der Unterrichtspraxis weiterentwickeln (Baumert & Kunter, 2011a; Bromme, 1997; Voss et al., 2015).

Die Erläuterung der Wissensarten wird in den meisten Studien sehr allgemein gehalten, obwohl mehrere Autorinnen und Autoren betonen, dass es sich jeweils um Wissensbestände handelt, die sich auf ein bestimmtes Fachgebiet beziehen (u. a. Anderson & Krathwohl, 2001; Maier, Kleinknecht & Metz, 2010; Renkl, 2015). Der Beitrag von Baumert, Blum und Neubrand (2002) liefert für die Mathematik eine genauere Definition von domänenspezifischem deklarativen und prozeduralen Wissen. Hierzu nehmen die Autoren für alle drei Professionswissensbereiche eine weitere Unterteilung vor, indem sie dem „declarative“ und „procedural expert knowledge“ präzise Wissenselemente zuordnen.

Tabelle 2.3. Darstellung „Structure of Teachers' Professional Knowledge" (adaptiert nach Baumert et al., 2002, S. 13)

Declarative expert knowledge (PCK)	**Procedural expert knowledge** (PCK)
Structure of the mathematics curriculum	Selecting mathematical tasks and problems
	Handling tasks in classroom instruction
Cognitive demands and pedagogical potentials of mathematical problems	Sequencing tasks in classroom instruction
	Responding to unexpected student ideas
Student preconceptions	Responding to student mistakes
	Organizing cognitively demanding practice in classroom
Typical student difficulties in understanding mathematical problems	Selecting and sequencing tasks for homework and tests
	Diagnostic competence in the field of mathematics

Die Tabelle 2.3 gibt wieder, welche zentralen Wissenselemente die Autoren dabei in die Begriffsbestimmung des deklarativen und prozeduralen PCK einbeziehen. Die Einteilung der zwei Wissensarten nach Baumert et al. (2002) wird als Grundlage für die Erfassung der in dieser Arbeit ausgewählten PCK-Facette verwendet und in die Konzeption des Arbeitsmodells (Kapitel 5) einbezogen.

2.5 Theoretische Konzeptualisierungen des fachdidaktischen Wissens in den Naturwissenschaften

Die positive Auswirkung fachdidaktischer Wissensaspekte auf die Qualität der Unterrichtsgestaltung sowie den Lernfortschritt von Schülerinnen und Schülern verdeutlicht den Bedarf dieser Wissensdomäne mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Im folgenden Abschnitt werden die theoretischen Rahmenkonzeptionen prominenter Forschungsprojekte zum Professionswissen der Naturwissenschaftsdidaktiken (u. a. ProwiN, KIL, ProfiLe) vorgestellt. Wie auch das Modell der professionellen Kompetenz (vgl. Abbildung 2.1), dienen die nachstehenden Modellierungen vor-

rangig zur theoretischen Beschreibung der vielschichtigen Struktur des Professionswissens. Bei der nachfolgenden Auswahl wurde sich auf jene Modelle beschränkt, die einen deutlichen Bezug zum PCK aufweisen[12].

In den Naturwissenschaften wird PCK zumeist als ein dreidimensionales Konstrukt aufgefasst. Neben ausgewählten PCK-Facetten (2.4.1) und Inhaltsbereichen werden auf einer weiteren Achse auch verschiedene Wissensarten berücksichtigt. Dabei wird in der Regel an der Unterteilung von deklarativem und prozeduralem Wissen festgehalten (2.4.2). Das KiL-Projekt (vgl. Abbildung 2.4) nimmt als eine weitere Wissensart schematisches und strategisches Wissen hinzu, wohingegen das ProwiN-Projekt konditionales Wissen in ihr Modell integriert.

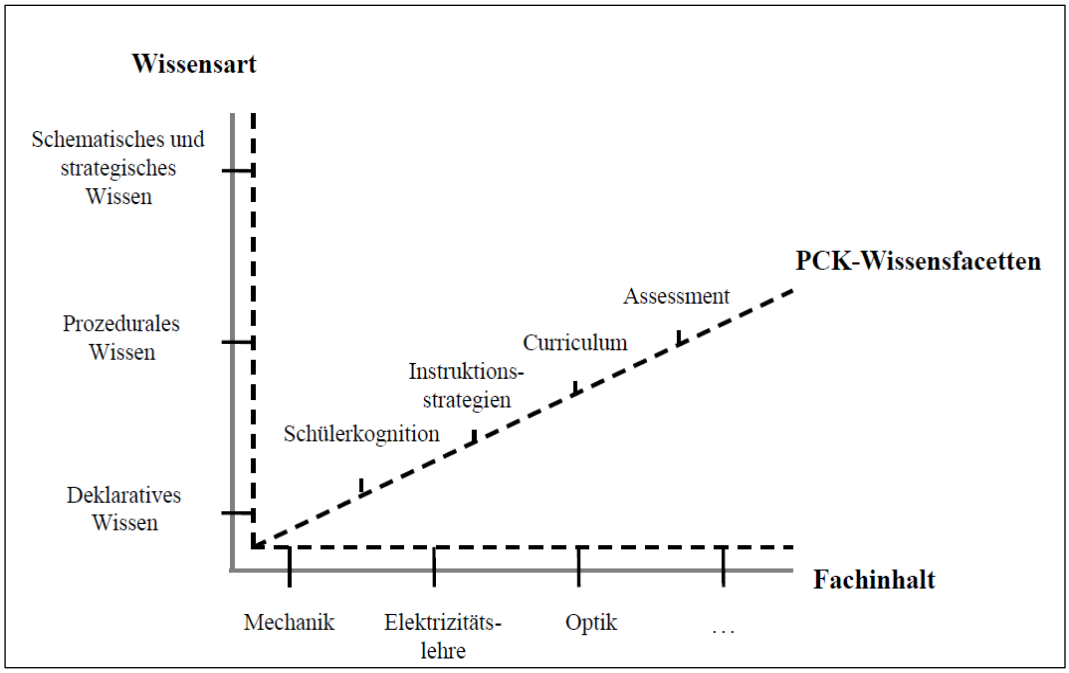


Abbildung 2.4. Kompetenzmodell des KiL-Projektes (aus Kröger, Neumann & Petersen, 2013, S. 533).

Das abgebildete Modell von ProwiN (vgl. Abbildung 2.5) stellt ein verallgemeinertes Hintergrundmodell für das PCK dar, welches in den einzelnen Fachdisziplinen vor allem in Bezug auf die Inhaltsbereiche nochmals differenziert ausgelegt wird (Chemie: z. B. Dollny, 2011; Physik: z. B. Kirschner, 2013; Biologie: z. B. Jüttner & Neuhaus, 2013).

[12] Nicht behandelt werden an dieser Stelle die Modellierungen von KeiLa (z. B. Großschedl, Neubrand et al., 2015) und des Paderborner Instruments (z. B. Riese, 2009; Riese & Reinholt, 2012), da diese anstatt der Wissensarten eine andere Subfacette der kognitiven Aktivität (Reproduzieren, Verstehen, Beurteilen und Analysieren) heranziehen. Jene Dimension wird im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt, sodass sie an dieser Stelle nicht näher erläutert wird.

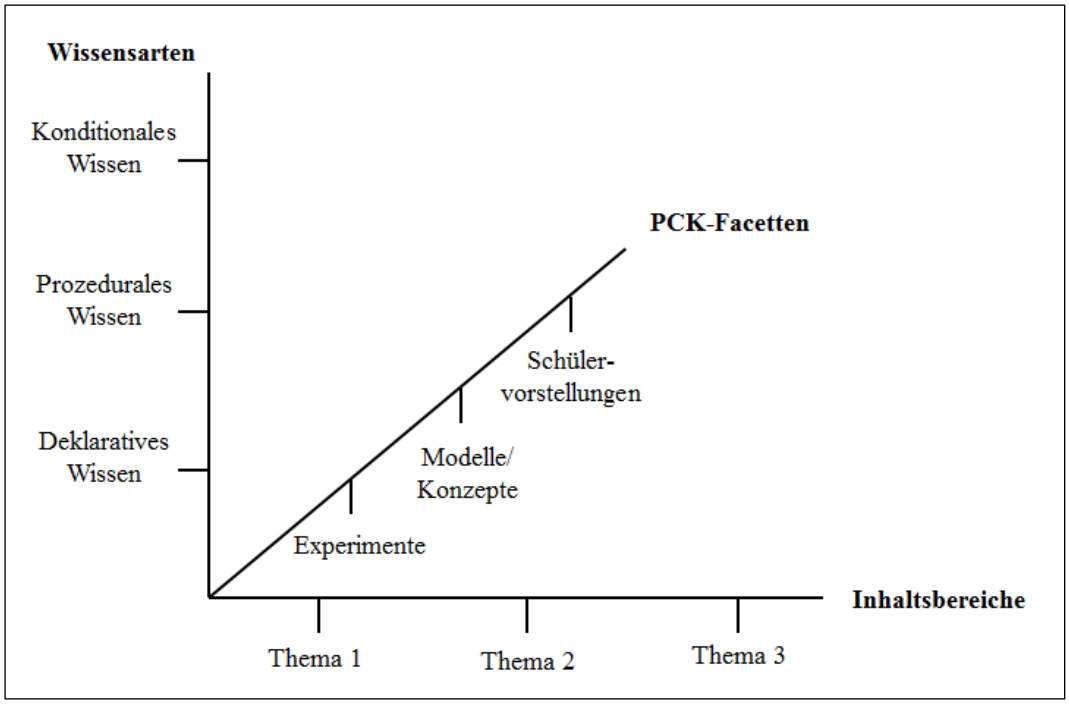


Abbildung 2.5. Modell zum fachdidaktischen Wissen im ProwiN-Projekt (adaptiert nach Tepner et al., 2012, S. 19).

Im Hinblick auf die Wissensarten erweitert Schmelzing (2010) das deklarative und prozedurale Wissen um eine reflexive Wissenskomponente (vgl. Abbildung 2.6).

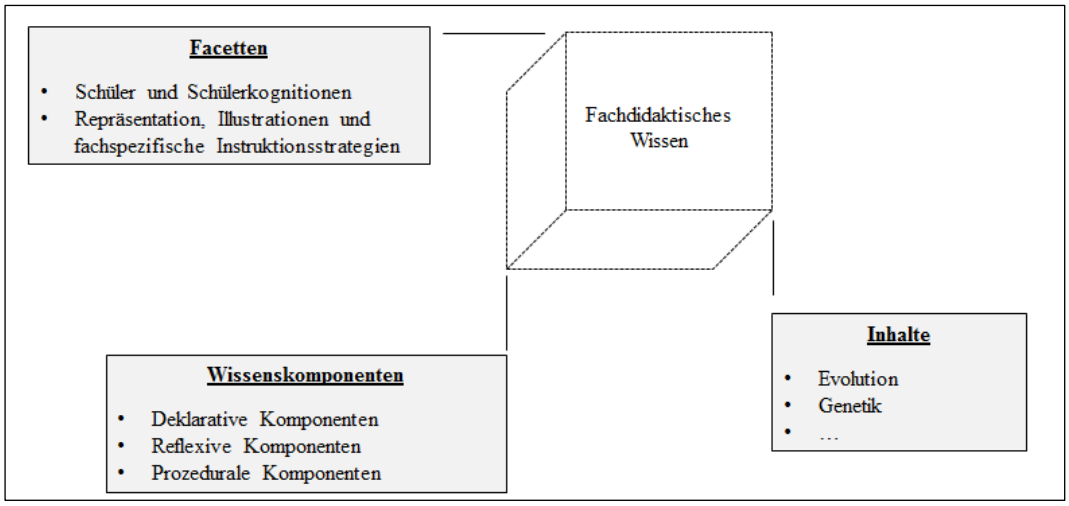


Abbildung 2.6. Modell des biologiedidaktischen Wissens (aus Schmelzing, 2010, S. 29).

Die meisten Modelle zum PCK in den Naturwissenschaften eint, dass sie das Wissen über Schülerkognition und Schülervorstellungen sowie Instruktions- und Vermittlungsstrategien als zentrale PCK-Facetten einbeziehen (vgl. Tabelle 2.1). In Neumann (2015, S. 43 – 44) ist eine tabellarische Übersicht speziell zu der Operationalisierung dieser beiden Facetten in den mathematisch-naturwissenschaftlichen

Domänen abgebildet. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass bei den Konzeptualisierungen zwar deutliche Ähnlichkeiten festzustellen sind, die Konkretisierung der Facetten allerdings z. T. auf einem sehr unterschiedlichen Niveau erfolgt (Neumann, 2015). So umfasst das Wissen zu Schülervorstellungen im ProwiN-Projekt lediglich Kenntnisse von korrekten bzw. inkorrekten *Präkonzepten* (Tepner et al., 2012). Wohingegen Gramzow, Riese und Reinhold (2013b) unter dieser Facette, u. a. das „Wissen über typische themenspezifische und übergreifende Schülervorstellungen […], aber auch über typische Argumentationsweisen und Lernprozesse von Schülern." (Gramzow, Riese und Reinhold, 2013b, S. 22) auffassen. Weiter subsummieren sie hierunter auch jene Kenntnisse, die „einerseits zur Prognose von typischen Schülerantworten und andererseits zur Diagnose von Fehlvorstellungen anhand von Schüleraussagen" (ebd.) sowie zur „Planung und Durchführung von Physikunterricht" (ebd.) benötigt werden. Ein direkter Vergleich der Befunde wird durch solch unterschiedliche Auffassungen deutlich erschwert.

Ein weiteres Modell zum physikdidaktischen Wissen entstammt dem Projektverbund ProfiLe-P (Abbildung 2.7), welches hinsichtlich seiner Dimensionalisierung einen Sonderfall darstellt. In diesem eindimensionalen Modell werden verschiedene PCK-Facetten „auf einem Kontinuum von ‚eher deklarativ' bis ‚eher prozedural' verortet" (Gramzow et al., 2013b, S. 12). Die Auswahl an physikdidaktischen Facetten fällt dafür in diesem Modell um einiges umfangreicher, als bei den bisher vorgestellten Rahmenmodellen, aus.

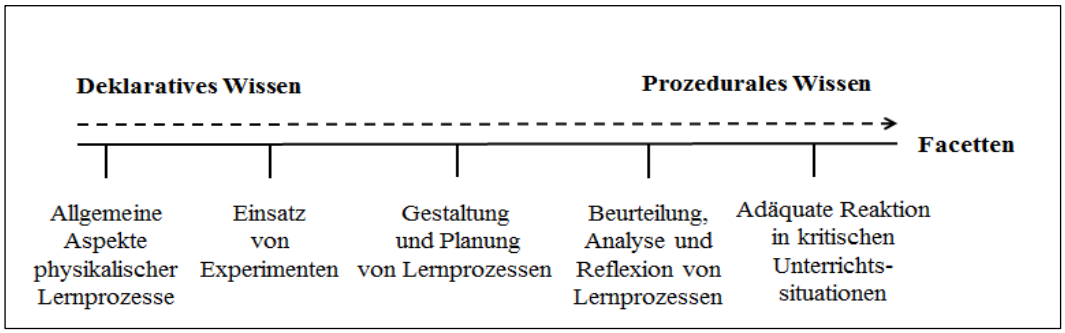


Abbildung 2.7. Modell des physikdidaktischen Wissens in ProfiLe-P nach Riese (2009) (aus Gramzow et al., 2013b, S. 13).

Weitere Unterschiede der dargelegten Modelle bestehen vor allem in der Festlegung der inhaltlichen Schwerpunkte, welche allerdings z. T. durch die verschiedenen Fachzugehörigkeiten zu erklären sind.

Zusammenfassung:

Die in dem vorangegangenen Kapitel abgebildeten Modelle geben einen Einblick in die Vielschichtigkeit des PCK in den Naturwissenschaften. Einigkeit besteht zum einen darin, unter der Dimension der Wissensarten deklaratives und prozedurales Wissen aufzuführen. Zum anderen gehören die Kenntnisse zu Schülervorstellungen und fachgerechten Instruktionen zu den zentralen Bestandteilen des PCK. Allerdings werden diese beiden Facetten in den vorgestellten Konzeptionen z. T. sehr unterschiedlich konkretisiert. Um umfassende Einblicke in das Wissensrepertoire von Lehrkräften zu Schülervorstellungen zu erhalten, empfehlen Kleickmann und Steffensky et al. (2017) eine vertiefte Auseinandersetzung mit dieser einzelnen Wissensfacette.

2.6 Ansätze und Methoden zur Erfassung von fachdidaktischem Wissen

Mit zunehmendem Forschungsinteresse an der Untersuchung der Struktur und der Entwicklung von professionellem Wissen, werden auch valide wie reliable Messinstrumente verstärkt gefordert (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Kunter & Klusmann, 2011; Lange, 2010; Terhart et al., 2014). Gleichzeitig nimmt, mit Blick auf eine evidenzbasierte Weiterentwicklung der Lehrerbildung, die Bedeutung der Evaluation von Lehr-Lernprozessen im Rahmen des Studiums zu (Riese, 2009; Harms & Riese, 2018). Hierfür werden ebenfalls zuverlässige und standardisierte Testverfahren benötigt, die belastbare Aussagen liefern können (Jahn, 2014; Riese, 2009). Um Einblicke in die professionellen Wissensbestände von (angehenden) Lehrkräften zu erhalten, bieten sich neben quantitativen und qualitativen Zugängen grundsätzlich zwei Verfahren (Selbst- vs. Fremdbeurteilung) an. Entweder nehmen die Probandinnen und Probanden über eine Selbstauskunft die Einschätzung ihrer Kenntnisse vor (subjektiver Zugang) oder sie werden anhand eines standardisierten Testinstruments (objektiver Zugang) zu ihrem Wissen befragt. Weiterhin kann anhand distaler (konstruktferner) und proximaler (konstruktnaher) Indikatoren eine indirekte oder direkte Erfassung von Kompetenzaspekten vollzogen werden (Alisch, Hermkes & Möbius, 2009; Baumert & Kunter, 2006; Desimone, 2009; Kunter & Klusmann, 2010).

Bislang wurde sich häufig auf distale Indikatoren (z. B. Noten, Abschlüsse, Zertifikate, besuchte Fortbildungen) berufen, um eine Aussage über das vorhandene Professionswissen treffen zu können (Kunter & Klusmann, 2010; Lenske et al., 2016). Bei den genannten Beispielen, wie auch den Selbsteinschätzungsverfahren, stellt sich allerdings die Frage, inwieweit sie einen ausreichenden Hinweis bzw. Nachweis für die tatsächlich vorliegenden Wissensbestände liefern können (Heinzer & Oser, 2013; Lindmeier, 2013; Oser, Curcio & Düggeli, 2007; Resch, 2018). Daher gilt es proximale Indikatoren, welche das Zielkonstrukt über einen direkteren Zugang (Beobachtungen, Tests oder Interviews) untersuchen, verstärkt heranzuziehen (Kunter & Klusmann, 2010). Benz (2018) hat unter Berücksichtigung der verschiedenen Ansätze eine Gegenüberstellung vorgenommen, die der Tabelle 2.4 zu entnehmen ist. Es wird hierbei deutlich, dass es eine Reihe von Möglichkeiten gibt, um berufliche Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften zu untersuchen. Dabei gelten die in der Übersicht aufgeführten Beispiele gleichermaßen für die Erhebung von professionellen Wissensinhalten.

Tabelle 2.4. Möglichkeiten zur Kompetenzerfassung (aus Benz, 2018, S. 207)

	Distale Indikatoren	**Proximale Indikatoren**
Subjektiver Zugang	Indirekte Kompetenzerfassung durch Selbstauskunft, z. B. über Selbstauskunft zu Abschlüssen	Direkte Kompetenzerfassung durch Selbstauskunft, z. B. über subjektive Selbsteinschätzung im Interview
Objektiver Zugang	Indirekte Kompetenzerfassung durch Dritte, z. B. über eine Überprüfung der Abschlüsse	Direkte Kompetenzerfassung durch Dritte, z. B. über Wissenstests, Vignetten

Da Selbstberichtsdaten, aufgrund der Gefahr nur träges Wissen zu erfassen, weniger empfohlen werden (Oser et al., 2007), wird nachstehend auf Ansätze und Erhebungsformate geschaut, die neben der „Situativität, die Authentizität, die Komplexität und die Kontextgebundenheit unterrichtlichen Handelns [mitberücksichtigen]“ (Heinzer & Oser, 2013, S. 140). Gerade zur validen Überprüfung von beruflichen Kompetenzen in der Profession von Lehrkräften, welche einen komplexen Berufsalltag zu bestreiten haben, werden kontextualisierte und situationsspezifische Erhebungsformate nahegelegt (Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013; Busse & Kaiser, 2015; König, 2015; Neuweg, 2015; Oser, Heinzer & Salzmann, 2010).

So hebt bspw. auch der advokatorische Ansatz nach Oser et al. (2007) hervor, dass zur Messung von Lehrerkompetenzen ein authentischer und unterrichtsnaher Bezugsrahmen unverzichtbar ist. Dieser Ansatz nimmt an, dass in der stellvertretenden Einschätzung von Handlungen einer fiktiven Lehrkraft, die Kompetenz der befragten Lehrkraft sichtbar wird. Damit schlussendlich Rückschlüsse auf die zugrunde liegenden Kenntnisse der Probandinnen und Probanden gezogen werden können, wird deren Antwortverhalten mit einer zuvor festgestellten Expertinnen- und Expertennorm verglichen (u. a. Forster-Heinzer & Oser, 2015; Heinzer & Oser, 2013; Oser et al., 2010).

Um dem Anspruch gerecht zu werden, in Testinstrumenten den berufsnahen Kontext einer Lehrkraft zu berücksichtigen, wird zuweilen auf sogenannte Unterrichtsvignetten zurückgegriffen (u. a. Brovelli et al., 2013; Friesen et al., 2020; Rutsch, Rehm et al., 2018). Vignetten zeigen authentische Unterrichtssituationen, die möglichst konkrete Beschreibungen gängiger Anforderungen aus dem Berufsalltag einer Lehrkraft beinhalten (Alexander & Becker, 1978; Finch, 1987; Mulder, 2015; Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018). Durch die Darstellung von realitätsnahen Situationen aus dem beruflichen Alltag, kann ein Anreiz für die befragte Lehrkraft geschaffen werden, sodass sie als Probandin oder Proband so antwortet, wie sie wahrscheinlich selbst in dieser Situation gehandelt hätte. Gemäß dem advokatorischen Ansatz erfordert die Bearbeitung der fachdidaktischen Frage, dass sich die Probandinnen und Probanden auf eine „hypothetische Handlungsebene“ (Sauer, 2016, S. 40) begeben. Die Vignette dient somit auch als Stimulus, um die gezeigten Szenen mit Blick auf eine fachdidaktisch relevante Fragestellung zu analysieren bzw. zu bearbeiten (Benz, 2018; Friesen & Feige, 2020). Bei der Bearbeitung spielen spezifische Kompetenzen, wie bspw. das PCK von Lehrkräften, eine wesentliche Rolle (Rehm & Bölsterli, 2014). Der Einsatz von sogenannten Vignettentests ist dabei unter die Kategorie der „objektiv proximalen Verfahren“ einzuordnen (Benz, 2018; Kanert & Resch, 2014; vgl. Tabelle 2.4). Im Unterschied zu reinen Wissenstests, die sich häufig nur auf die Abfrage von deklarativem Wissen fokussieren, findet sich durch die konkrete Anforderungssituation in der Vignette eine Möglichkeit, die Fähigkeiten und Fertigkeiten von Lehrkräften handlungsnah zu messen (Oser et al., 2010; Resch, 2018).

Der allgemeine Aufbau einer Vignette gliedert sich zumeist in (1) Überschrift, (2) Vignettenstamm, (3) fachdidaktische Frage- bzw. Aufgabenstellung und (4) Antwortmöglichkeiten. Die Überschrift (1) jeder Vignette soll zur Auseinandersetzung mit dem dargestellten Unterrichtsausschnitt motivieren. Gleichzeitig kann sie durch eine passende Formulierung bereits einen kurzen inhaltlichen Einblick in das Thema der Vignette geben und zugleich Hinweise zu Kontextinformationen für die im nachstehenden Vignettenstamm beschriebenen Unterrichtssituationen beinhalten (Friesen & Feige, 2020). Die Situation selbst kann dabei in unterschiedlichen Formaten im Vignettenstamm (2) präsentiert werden. So werden zur Erfassung professioneller Wissensinhalte z. B. schriftliche, videografierte oder sogar comicbasierte Unterrichtsszenarien eingesetzt (z. B. Friesen, 2017; Friesen, Kuntze & Vogel, 2018). Unabhängig von dem Vignettenformat kann bei der inhaltlichen Ausgestaltung der Unterrichtsszenen dabei zwischen Best Practise Beispielen oder problemhaltigen bzw. herausfordernden Situationen unterschieden werden (Friesen & Feige, 2020). Videovignetten haben dabei den Vorteil, dass das gezeigte Unterrichtsgeschehen durch eine hohes Maß an Authentizität des beruflichen Schulalltags gekennzeichnet ist (J. Kaiser, Möller, Helm & Kunter, 2015; Neumann, 2015; Seidel et al., 2010). Indem zahlreiche Variablen (u. a. Aussehen der Lehrkraft, Klassenraumgestaltung) in den Videosequenzen beinhaltet sind, kann das Unterrichtshandeln besonders realitätsnah von den Probandinnen und Probanden beobachtet werden. Gleichzeitig müssen die Betrachtenden neben diesen, möglicherweise auch ablenkenden Eigenschaften, zusätzlich visuelle und auditive Eindrücke verarbeiten (Friesen & Feige, 2020). Das könnte ein Grund dafür sein, dass die Bearbeitung von Videovignetten zu einer höheren kognitiven Belastung der Studienteilnehmenden führt, als bei entsprechenden schriftlichen Vignetten (Syring et al., 2015). Besagte Textvignetten beinhalten Unterrichtsbeschreibungen oder kurze Dialoge zwischen der Lehrperson und der Lerngruppe bzw. einzelnen Lernenden. So können „auch längere Unterrichtssequenzen in ihrem Prozess zusammenhängend dargestellt und so [bei der Vignettenbearbeitung] auch grundsätzliche fachdidaktische Überlegungen zur Vorgehensweise eingebracht werden“ (Brovelli, 2014, S. 26). Weitere Vorzüge dieses Formats bestehen darin, dass sie vergleichsweise zu Videoclips, um einiges einfacher zu entwickeln sind und auch technische Hürden oder Datenschutzrichtlinien keinen einschränkenden Faktor bei ihrem Einsatz darstellen (Friesen & Feige, 2020).

Comicbasierte Vignetten hingegen benötigen keine ausführliche schriftliche Ausführung von Kontextinformationen (z. B. Größe der Klassen, Arbeitsmaterialien), da sie bereits durch die bildhafte Darstellung des Klassengeschehens ersichtlich werden (ebd.). Gleichzeitig können ablenkende oder irrelevante Informationen und Merkmale (u. a. Klassenzimmerausstattung, Kleidung, Stimme, Geschlechtszugehörigkeit der Lehrkraft und Lernenden), die in Videos unvermeidlich bestehen, bewusst weggelassen werden. In Anbetracht der verschiedenen Repräsentationsformen hat sich gezeigt, dass sich zur Kompetenzerfassung alle drei Formate gleichermaßen gut eignen (Friesen et al., 2018). Auch Baer et al. (2007; 2011) konnten keine auffallenden Unterschiede bei der Verwendung von textbasierten oder videografierten Vignetten feststellen.

Alle drei Formate haben weiterhin gemeinsam, dass sie eine abschließende Frage- bzw. Aufgabenstellung (3) beinhalten. Diese fordert die Befragten bspw. dazu auf, sich zu der gezeigten Situation begründet zu äußern, diese weiterzuführen oder das beschriebene Unterrichtshandeln einer Lehrkraft zu beurteilen (Buchbinder & Kuntze, 2018). Je nach zugrunde gelegtem Untersuchungsgegenstand und Analysefokus können in diesem Zuge spezifisch ausgewählte fachdidaktische Fragen und Themen, wie bspw. differente Schülervorstellungen, aufgegriffen werden (Knipping, Tolsdorf & Markic, 2017, S. 192). Abhängig vom Fokus der begleitenden Aufgabenstellung können auch unterschiedliche Antwortformate (4) zum Einsatz kommen (Friesen, 2017; Rehm & Bölsterli, 2014; Tepner & Dollny, 2014). Hierbei wird zwischen offenen und geschlossenen Antwortmöglichkeiten unterschieden (Atria et al., 2006). Je nach Anforderung der offenen Aufgabenstellung gilt es, als befragte Lehrkraft, eigenständig eine Antwort mit möglichen Handlungsoptionen oder eine alternative Fortführung zum gezeigten Unterricht in der Vignette auszuformulieren. Damit können Probandinnen und Probanden bei der Beantwortung offener Fragen uneingeschränkt in Breite und Tiefe ihrer Antworten auf den dargestellten Sachverhalt eingehen (Finch, 1987; Sauer, 2016). Die Einschätzung von gezeigten Unterrichtssituationen anhand von konkreten Antwortmöglichkeiten (geschlossenen Items) ermöglicht hingegen eine testökonomische Datenerhebung und -auswertung (Benz, 2018; Dollny, 2011; Schnell, Hill & Esser, 2011).

Beim Einsatz in fachdidaktischen Seminaren vereinfachen jene Antwortformate darüber hinaus die Diskussion mit Teilnehmerinnen und Teilnehmern über ihre Antworttendenzen (Aufschnaiter, Selter & Michaelis, 2017). Die Beurteilung der Unterrichtsszenen kann anhand der geschlossenen Aufgabenitems bspw. über eine mehrstufige Ratingskala (von „trifft zu“ bis „trifft nicht zu“) oder im Multiple-Choice-Format erfolgen (Benz, 2018; Friesen & Feige, 2020). Die erst genannte Option ist allerdings vorzugsweise zu wählen, da eine Einordnung von prinzipiell „richtigen“ oder „falschen“ Antworten innerhalb der Fachdidaktik und insbesondere in Bezug auf handlungsnahes-prozedurales Wissen unpassend erscheint (Dollny, 2011; Schmelzing, Wüsten, Sandmann & Neuhaus, 2008). Das Ziel ist es vielmehr „dass durch Kontrastierung von divergenten Handlungsmöglichkeiten ein kritisches Bewusstsein darüber entsteht, wo die zentralen Herausforderungen liegen, die es reflexiv zu bewältigen gilt“ (Paseka & Hinzke, 2014, S. 61). Den Schwierigkeitsgrad von offenen und geschlossenen Antwortformaten betreffend zeigt Friesen (2017), dass sich die Bearbeitung einer Vignette mit offener Antwortmöglichkeit als signifikant schwieriger für die Probandinnen und Probanden gestaltet. Dieser Befund stellt sich sogar unabhängig vom Format (Text, Comic oder Video), in dem die Vignette präsentiert wird, ein.

Nach der Vorstellung der verschiedenen Vignettenformate kann festgehalten werden, dass diese gängige Anforderungen des Berufslebens einer Lehrkraft in domänenspezifischen Unterrichtssituationen zeigen. Damit ist jenes Testformat für die Erhebung von unterrichtsnahen Konstrukten, wie dem PCK, geeignet (Darling-Hammond, 2006; McNeill, González-Howard, Katsh-Singer & Loper, 2016; Shavelson, 2013). Die Verwendung von Vignetten bietet sich auch dann an, wenn bei der Untersuchung des Professionswissens unterschiedliche Wissensarten berücksichtigt werden sollen. Der Vorzug von Vignetten gegenüber üblichen Wissensfragen besteht darin, „dass sich bei der Bearbeitung nicht bloß an deklaratives Inhaltswissen erinnert wird, sondern auch prozedurales und konditionales Wissen“ (Dollny, 2011, S. 44) erforderlich ist. Durch die Perspektivübernahme und das hypothetische Handeln erhofft man sich Einblicke zu erhalten, wie die Befragten tatsächlich agieren, also wie sie ihr Wissen in der Praxis zum Einsatz bringen würden (Sauer, 2016).

Aus diesem Grund wählen zunehmend mehr Forscherprojekte (z. B. COATIV, E-KoL, FALKO, NuK, ProwiN, TEDS) vignettengestützte Testinstrumente. Insgesamt wird die textbasierte Variante von Vignetten bevorzugt verwendet (z. B. Baer et al., 2007; Baer et al., 2011; Blömeke, Suhl et al., 2010; Blömeke, Kaiser et al., 2010; Brovelli et al., 2014; Dollny, 2011; E. Keller, 2016; Riese & Reinhold, 2012; Rutsch, 2016). Mit dem Ziel größere Stichprobenbefragungen durchführen zu können, werden dabei vorrangig geschlossene Testitems eingesetzt (u. a. Blömeke, Bremerich-Vos et al., 2013; E. Keller, Schmitt & Glaser, 2018; Kirschner, 2013; Rutsch, 2016; Witner & Tepner, 2011a). Im Rahmen von empirischen Untersuchungen kommen die genannten und weitere Forschungsgruppen zu dem Ergebnis, dass sich mittels Vignetten u. a. Unterschiede in der Expertise von PCK im Verlauf des Studiums (Bremerich-Vos & Dämmer, 2013; Brovelli et al., 2014; Buchholtz & Kaiser, 2013; Jansing, Hausdeck, Keßler, Nold & Stancel-Piatak, 2013; E. Keller, 2016; Krauss et al., 2011; Rutsch, 2016; Schmelzing et al., 2010; Witner & Tepner, 2011a) sowie Unterschiede zwischen Lehrkräften verschiedener Schulformen (Brovelli et al., 2014; Kleickmann & Anders, 2011; Witner & Tepner, 2011a) feststellen lassen. Diese und weitere Befunde sprechen dafür, dass es sich bei vignettenbasierten Testinstrumenten um eine valide Messmöglichkeit handelt.

Allerdings gilt es im Vorfeld der Konstruktion und des Einsatzes von Vignetten einige Kriterien zu berücksichtigen. Welche zentralen Entscheidungsfelder (z. B. Vignetten-, Antwortformat) hierzu gehören, wird ausführlich in einem Beitrag von Friesen und Feige (2020) thematisiert (vgl. auch Kapitel 7). Gleichzeitig wird in dem dazugehörigen Band (Friesen et al., 2020) auf die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Vignetten im Bereich der Lehrerbildung hingewiesen.

Zusammenfassung:

Die beschriebenen Vignettenformate ermöglichen durch die Einbettung von Testaufgaben in einen unterrichtsnahen Berufsalltag eine kontextualisierte Erfassung von professionellen Wissensbeständen (angehender) Lehrkräfte (Darling-Hammond, 2006; E. Keller, 2016; Lindmeier, 2013; McNeill et al., 2016; Shavelson, 2013). Somit liegen mittlerweile für verschiedene Fachbereiche kontextspezifische Vignetten vor (z. B. *Biologie/Chemie*: Tempel, 2017; *Deutsch:* Rutsch, 2016; E. Keller; 2016; *Geschichte*: Resch, 2018; *Mathematik*: Friesen, 2017; Ollesch, 2018; *Technik:* Goreth, 2017; *Physik:* Riese & Reinhold, 2010). Neben Erhebungsinstrumenten kommen diese ebenfalls als Übungs- und Reflexionstools in fachdidaktischen Seminaren zum Einsatz (Friesen et al., 2020; Grow, Günther & Weber, 2019). Auch im Zuge der Untersuchung des Professionswissens, mit Berücksichtigung von verschiedenen Wissensarten, wird mehrheitlich auf vignettengestützte Testformate zurückgegriffen (z. B. Dollny, 2011; Schmelzing, 2010).

Allerdings unterscheiden sich die Instrumente, in Bezug auf inhaltliche (Wissensdomänen, -arten, -facetten, Inhaltsgebiete) und strukturelle Aspekte (Vignettenanzahl und -format, Antwortformat) stark (Dollny, 2011). Darüber hinaus spiegelt sich ein verschieden zugrunde gelegtes Verständnis von PCK (2.4, 2.5) in den gewählten Schwerpunkten der Testentwicklung wieder. Obwohl in den letzten Jahren zur Untersuchung von PCK bei der Konstruktion und Anwendung von vignettenbasierten Messinstrumenten eine deutliche Zunahme zu erkennen ist, liegt bislang noch kein Vignettentest für die spezifische Erfassung der Facette des chemiedidaktischen Professionswissens zum Themenbereich Schülervorstellungen vor. Das nachfolgende Kapitel setzt sich mit Aspekten des PCK auseinander, die speziell im Chemieunterricht zur Berücksichtigung von Schülervorstellungen benötigt werden.

3 Zur Berücksichtigung von Schülervorstellungen im (Chemie-)Unterricht

„Students' conceptions, including errors and misconceptions, are the starting point for instruction" (Lindmeier, 2011, S. 101)

In der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik wird auf eine lange Forschungstradition für den Themenbereich Schülervorstellungen zurückgeblickt. Dies verdeutlicht bspw. die Bibliographie „Schülervorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht" von Duit und Pfundt, die beginnend in den späten 1970er-Jahren bis 2009 mehr als 8400 Beiträge für diesen Themenkomplex zusammengebracht hat. Um einen Einblick in diese langjährigen, theoretischen, wie empirischen Vorarbeiten geben zu können, wird diesem Kapitel die folgende Abbildung 3.1 vorangestellt. Gleichzeitig kann diese eigens konzipierte Lehr-Landkarte als Advance Organizer[13] und damit als Orientierung für die nachfolgenden Unterkapitel genutzt werden. Da eine Vielzahl an unterschiedlichen Bezeichnungen für den Begriff „Schülervorstellungen" existiert, wird dieser zunächst näher erläutert (3.1.1), um damit eine nachvollziehbare Ausgangsbasis zu schaffen. Daran anschließend werden als Ausgangspunkt der Lehr-Landkarte (3.1.2) mögliche Entstehungsursachen der Vorstellungen beschrieben. An den *1. Schritt Erkunden von Schülervorstellungen*[14] der Lehr-Landkarte schließt sich eine differenzierte Unterteilung in die verschiedenen Arten von Schülervorstellungen (3.1.3) und deren Beständigkeit bzw. Stabilität (3.1.4) an. Wenn klar ist, *was* diagnostiziert werden kann, d. h. welche Schülervorstellungen möglicherweise in einer Klasse vorliegen, werden entsprechende praxistaugliche Instrumente benötigt, um diese erkunden zu können. Am Beispiel der Concept Cartoons (3.2) wird ein für diese Thematik passendes Unterrichtswerkzeug vorgestellt und dessen Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt.

[13] Unter einem Advance Organizer wird der Vorspann eines Kapitels verstanden. Nach Peters und Dörfler (2015, S. 26) soll dadurch das Lesen erleichtert werden, indem vorab darlegt wird wie die einzelnen „Abschnitte organisiert sind bzw. miteinander in Verbindung stehen".

[14] Die Bezeichnung und Reihenfolge der fünf Schritte wurde mit geringfügigen Abwandlungen aus Widodo und Duit (2005, 135-137) entnommen.

Aufgrund der verschiedenen existierenden Arten von Schülervorstellungen, kann es für deren Umgang nicht die *eine* Vorgehensweise im Unterricht geben, um zu einer fachlich angemessenen Sichtweise zu gelangen. Daher stellt die Lehr-Landkarte in einem *2. Schritt Umstrukturieren der Schülervorstellungen* zwei Wege zur Auswahl (3.3). Der beschriebene Prozess soll insgesamt aufzeigen, wie Lernende ausgehend von ihren ursprünglichen Vorstellungen beim Aufbau anschlussfähiger Konzepte durch geeignete Lerngelegenheiten begleitet sowie in deren *Anwendung* (*3. Schritt*) und *Reflexion* (*4. Schritt*) fachlich unterstützt werden können (3.3). In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Teilschritte ausführlicher beschrieben. Abschließend erfolgt ein Resümee (3.4) bisheriger empirischer Untersuchungen, über welche Kenntnisse Lehrkräfte verfügen, um vorhandene Vorstellungen in die alltägliche Unterrichtspraxis zu integrieren.

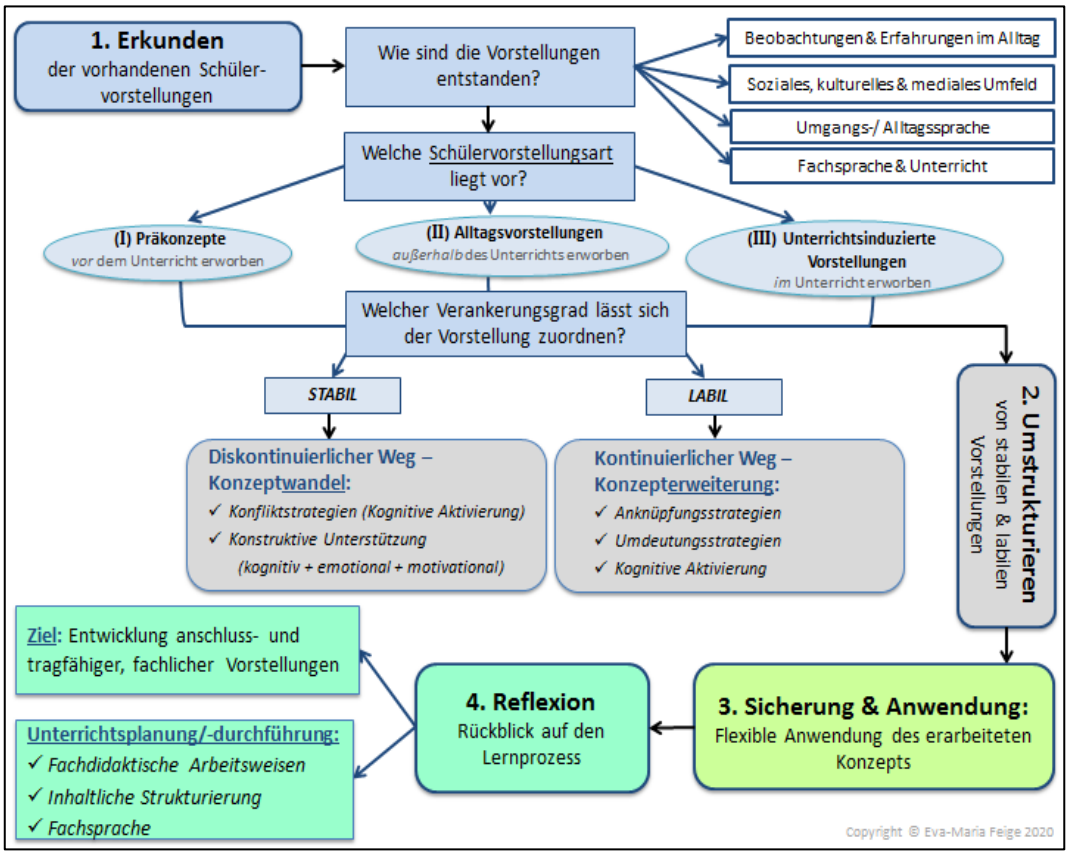


Abbildung 3.1. Lehr-Landkarte als Advance Organizer für das dritte Kapitel (Erweiterung der ersten Version der Lehr-Landkarte aus Feige, Rutsch, Dörfler & Rehm, 2017, S. 7).

3.1 Erkenntnisse aus der Forschung zu Schülervorstellungen – Klärung zentraler Begrifflichkeiten

Zur Beschreibung der Lernerperspektive mit Blick auf Themen des Fachunterrichts sind im deutschen wie auch im englischen Sprachraum u. a. Begriffe wie *Alltags- oder Vorerfahrungen, Präkonzepte, alternative Frameworks, prior beliefs, Vorwissen* und *naive Theorien* weit verbreitet und werden zum Teil synonym benutzt (vgl. auch Barke, 2006; Krüger, 2007; Wiesner, Schecker & Hopf, 2011; Wodzinski, 1996). In jüngster Vergangenheit wurde noch ein weiterer Begriff die „Als-ob-Vorstellungen“ von Schecker und Duit (2018, S. 9) eingeführt. Nakoinz (2015) gibt bei diesen heterogenen Begriffsdefinitionen zu recht zu bedenken:

> Die meisten dieser Begriffe erfassen die Situation jedoch nicht ausreichend, da die Vorstellungen der Lernenden zum Beispiel nicht nur bei Schülerinnen und Schülern auftreten („Schülervorstellungen“), nicht nur aus der vorunterrichtlichen Zeit („vorunterrichtliche Vorstellungen, [Präkonzepte]“) oder aus dem Alltag („Alltagsvorstellungen“) stammen oder zwangsläufig falsch sind („Fehlvorstellungen“). (S. 15)

Aufgrund der nicht einheitlich verwendeten Terminologie scheint es daher lohnenswert, zunächst eine Antwort auf die Frage „Was sind Schülervorstellungen?“ aus der Sicht der aktuellen fachdidaktischen Literatur zu geben und sie von dem bewertenden Begriff der Fehlvorstellungen abzugrenzen. Wie die anschließenden Kapitel zeigen, kann die Entstehung von Schülervorstellung dabei auf vielfältige Eindrücke aus dem Alltag und dem Unterricht zurückgeführt werden. In diesem Zusammenhang wird diskutiert, welche Arten von Vorstellungen unterschieden werden und welcher Verankerungsgrad diesen zugrunde liegen könnte.

3.1.1 Was sind Schülervorstellungen?

Bei Vorstellungen, die sich auf bedeutsame Themen des Schulunterrichts beziehen, spricht man in Bezug auf Schülerinnen und Schüler von Schülervorstellungen (Schindler, 2015). Adamina, Kübler, Kalcsics, Bietenhard und Engeli (2018b) fassen aus dem bisherigen Forschungsstand zusammen, dass Schülervorstellungen „mentale Konstruktionen beschreiben, die sich aus ihren Wahrnehmungen und Sinneseindrücken, ihren Erfahrungen, Erinnerungen, Erkenntnissen, Emotionen zu Sachen und Situationen ergeben“ (Adamina et al., 2018b, S. 8). Neben Vorstellung

wird in der deutschen fachdidaktischen Literatur auch der Begriff Konzept[15] verwendet, „wobei Konzepte (kognitiv repräsentierte) Vorstellungen sind, mit Hilfe derer Gegenstände, Ereignisse oder Sachverhalte strukturiert bzw. klassifiziert werden können“ (Hardy & Meschede, 2018, S. 21). Da im Folgenden u. a. auch auf die Fachbegriffe *Präkonzept* bzw. „conceptual change“ (übersetzt als Konzeptwechsel) eingegangen wird, werden die beiden Begriffe (Vorstellung und Konzept) in dieser Arbeit synonym verwendet. Darüber hinaus wird in vielen nationalen, wie internationalen Studien angeführt, dass es sich bei den von Schülerinnen und Schülern entwickelten Konzepten um *Fehlvorstellungen* (*misconceptions*) handelt. Nachfolgend werden Gründe dargelegt, warum der Gebrauch dieses Terminus als unangebracht erscheint und daher in dieser Arbeit nicht weiter verwendet wird.

Viele Vorstellungen entwickeln sich ohne ein spezifisches Vorwissen seitens der Lernenden bereits vor dem Eintritt in den Kindergarten oder die Grundschule (Adamina et al., 2018b). Oftmals entsprechen die in den Unterricht mitgebrachten Vorstellungen daher nicht der aktuellen fachwissenschaftlichen Sichtweise bzw. stehen dieser konträr gegenüber (Duit, 2009). Da sie allerdings vor der eigentlichen Unterrichtung des beobachteten Gegenstandes entstanden sind, können sie naturgemäß gar nicht umgangen werden (Barke, 2006). Vielmehr zeugen Schülervorstellungen davon, dass sich Kinder und Jugendliche mit naturwissenschaftlichen Phänomenen in ihrer Umwelt mehr oder weniger intensiv beschäftigt haben (T. Kaiser, 2013). Ohne dass eine fachgemäße Auseinandersetzung stattgefunden hat, können die durchaus plausiblen und tragfähigen (vorunterrichtlichen) Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler demnach nicht als grundlegend falsch bewertet werden (von Glasersfeld, 2005). Wie nachfolgend noch genauer erläutert wird, ist zudem die Entstehung und Anwendung der individuellen Schülervorstellungen kontextabhängig. Daher betrachten auch Steffensky, Parchmann und Schmidt (2005), die Vorstellungen der Lernenden „nicht per se [als] falsch oder richtig, sondern abhängig von der jeweils sinnvollen Anwendung in einem bestimmten Kontext oder in einer bestimmten ‚Community‘, etwa im Alltag, unter Wissenschaftlern oder im

[15] Weitere lern- und entwicklungspsychologische Grundlagen zur Entwicklung von Schülervorstellungen, unter Einbezug des Konzeptbegriffs, können dem Beitrag von Hardy und Meschede (2018) entnommen werden.

Unterricht“ (Steffensky et al., 2005, S. 275). Angesichts des empfohlenen konstruktiven Umgangs mit Fehlern und alternativen Schülervorstellungen ist der Begriff Fehlvorstellungen als negativ belastet anzusehen, da er die Fehlerhaftigkeit einer geäußerten Vorstellung hervorhebt (Hank, 2013). Wenn Unterricht die Perspektive der Lernenden als Ausgangslage ernst nehmen will, scheint es nicht gerechtfertigt von Fehlvorstellungen zu sprechen. Vielmehr muss der Unterricht durch ein vertrauensvolles Klima gekennzeichnet sein, damit Schülerinnen und Schüler ihre Sichtweise überhaupt preisgeben (Strahl & Preißler, 2014). Daher wird in aktuellen Beiträgen in der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik (u. a. Adamina et al., 2018a; Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017; Uhren, 2017) zunehmend die bereits 1978 von Driver und Easley geprägte Terminologie der „alternative frameworks“ (im Deutschen: alternative Vorstellungen) bevorzugt. In Anlehnung daran, wird in dieser Arbeit ebenfalls dieser wertneutrale Begriff gewählt, da er lediglich die Andersartigkeit der Vorstellungen gegenüber der wissenschaftlich anerkannten Sichtweise betont. Nachfolgend werden hierunter, unabhängig der Ursache des Auftretens, sowohl die vorunterrichtlichen, als auch die im Alltag und im Chemieunterricht erworbenen Vorstellungen zusammengefasst. Oftmals sind diese konträr zur theoriekonformen Ansicht. Im Weiteren wird der Oberbegriff Schülervorstellung anstelle „alternative Schülervorstellung“ zu Gunsten einer vereinfachten Lesbarkeit verwendet.

3.1.2 Mögliche Entstehungsursachen von Schülervorstellungen

Wie bereits angedeutet, entwickeln Lernende bereits ab frühester Kindheit Vorstellungen und Vorwissen zu naturwissenschaftlichen Phänomen, die nicht zwingend mit der wissenschaftlichen Perspektive des Fachunterrichts übereinstimmen müssen (Carey, 2000; Duit, 2009). Um den Entstehungsprozess von Schülervorstellungen besser nachvollziehen zu können, setzt die oben dargestellte Lehr-Landkarte (vgl. Abbildung 3.1) mit dem *1. Schritt Erkunden der vorhandenen Vorstellungen* an potenziellen Ursachen an. Zum einen können sich die Vorstellungen aus der unmittelbaren Lebensumwelt – durch alltägliche, kulturelle, soziale und mediale Einflüsse – der Lernenden entwickeln. Zum anderen kann aber auch die schulische Lernumwelt, sprich der Unterricht selbst, zur Entstehung von Schülervorstellungen beitragen. Je nachdem vor welchem Hintergrund sich die Vorstellungen entwickelt haben, bedarf es im Unterricht einem differenzierten Umgang damit (vgl. auch 3.3).

Daher scheint eine nähere Betrachtung der vielfältigen Ausgangspunkte von Schülervorstellungen als empfehlenswert, um gelingende Anknüpfungspunkte schaffen zu können. Nachstehend werden fünf mögliche Ausgangspunkte kurz skizziert.

Interpretieren von Beobachtungen und alltäglichen Erfahrungen

Von dem Augenblick an, in dem der Mensch versucht seine unmittelbare Lebenswelt zu verstehen, konstruiert er Vorstellungen und Erklärungsmuster, die es ihm ermöglichen sich in seiner umgebenen Umwelt zurechtzufinden (Reiners, 2017). Durch das Interpretieren von Beobachtungen und alltäglichen Erfahrungen entwickeln Heranwachsende daher schon vor Eintritt in die Schule Vorstellungen zu chemischen Vorgängen, Begriffen und Prinzipien (Schecker & Duit, 2018). Das dies nicht immer im Einklang mit den intendierten Fachinhalten stehen muss, wird an dem nachstehenden Erfahrungsbericht aus dem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht deutlich:

> Neun Winter lang war die Erfahrung nun schon Lehrmeisterin der Kinder. Jede Mütze, die sie getragen, jeder Pullover, den sie angezogen hatten, ‚enthielt' Wärme: ‚Zieh Deine warmen Sachen an', hatten Lehrer und Eltern ihnen immer wieder gesagt. Wer will ihnen also verübeln, was sie dachten, als sie eines schönen Frühlingstages begannen, das Thema ‚Wärme' in der Schule zu bearbeiten? ‚Pullover sind warm', sagte Katie. ‚Wenn du ein Thermometer in eine Mütze stecken würdest, würde es auf jeden Fall heiß werden! 90 Grad vielleicht', sagte Neil. ‚Wenn du es da längere Zeit drin lässt, dann steigt's vielleicht auch auf 100 Grad. Oder 200', ergänzte Christian. (Watson & Kopnicek, 1998, S. 150).

Verwendung von alltagssprachlichen Formulierungen im sozialen Umfeld

Neben Erklärungsmustern, die durch alltägliche Sinneseindrücke geprägt sind, wird die Entstehung von Schülervorstellungen auch durch sprachliche Erfahrungen beeinflusst (Duit, 2004; Rincke, 2010; Schecker & Duit, 2018). So erfolgt, wie auch schon im obigen Beispiel angedeutet, der Versuch naturwissenschaftliche Ereignisse zu erklären innerhalb der Familie und im Freundeskreis oft durch Rückgriff auf umgangssprachliche und teilweise wissenschaftlich unpräzise, lebensweltliche Redeweisen (Roth, 2008). Das Bild, das sich Kinder, Jugendliche und auch Erwachsene von der Welt machen, wird durch die Alltagssprache, die bspw. besagt „Die Sonne geht auf" (Duit, 2004, S. 1) oder „Der Stromverbrauch ist hoch" (Möller, 2018, S. 36), beeinflusst. Solche Vorstellungen beeinflussen wiederum das weitere Denken und Wahrnehmen (Artelt, Beinicke, Schlagmüller & Schneider, 2009; Strahl & Preißler, 2014).

Aufwachsen in einem bestimmten kulturellen Umfeld

Zusätzlich trägt auch das soziokulturelle Umfeld, in dem Lernende aufwachsen, zur Ausbildung von unterschiedlichen Vorstellungen bei. So zeigt z. B. eine Untersuchung von Halar und Laukenmann (2016), dass Kinder in Mosambik ganz andere Assoziationen zum Energie- bzw. Wärmebegriff aufweisen („Wärme tötet, Wärme verursacht viele Schäden an Menschen“) (Halar & Laukemann, 2016, S. 581). Die Entwicklung von kulturell unterschiedlichen Schülervorstellungen führen die Wissenschaftler darauf zurück, dass die Entstehung von diesen durch die vorhandene Um- oder Lebenswelt der jeweiligen Kultur sowie durch die dort gesprochene Sprache beeinflusst wird (Halar & Laukemann, 2016).

Einfluss des medialen Umfeldes

Neben der kulturellen Ausprägung des Lebensumfeldes ist auch der mediale Einfluss nicht unwesentlich. Die Art und Weise, wie die Werbung über naturwissenschaftliche Inhalte sehr vereinfacht spricht, kann ebenso Missverständnisse verursachen. Werbeslogans und -spots, die bspw. über den Benzinverbrauch eines Autos oder über „Stromfresser“ im Haushalt aufklären wollen, können eine irreführende Verbrauchsvorstellung, z. B. von Energie oder Strom, bei den Lernenden hervorrufen (T. Kaiser, 2013). Demnach kann auch die im Kontext von sozialen Medien häufig verwendete Umgangs- und Alltagssprache zur Ausbildung und Bestätigung von vor- und außerunterrichtlichen Vorstellungen beitragen (Steffensky et al., 2005; Wodzinski, 1996).

Einfluss von Erfahrungen im schulischen Unterricht

Eine weitere mögliche Ursache ist der Umstand, dass trotz fortschreitendem Lerncurriculums nicht nur Lernende in allen Klassenstufen verschiedener Schulformen, sondern auch Chemiestudierende und ausgebildete Lehrkräfte über fachlich nicht belastbare Vorstellungen verfügen (u. a. Cheung, 2009; Duit, 2009). Neben begrenzten Fachkenntnissen von Lehrkräften, zeugen auch Schulbuchdarstellungen (wie z. B. Abbildung 3.2) von mangelnder didaktischer Qualität. Die nachstehende Grafik, die den Lösungsvorgang von Zucker in Wasser auf Teilchenebene zeigen (soll), ist aus folgendem Grund als problematisch einzustufen: Die hellblaue Hinterlegung (wodurch oft der Wasserstand eines Gefäßes angedeutet wird) könnte die Lernenden „zu der Assoziation verleiten, dass es sich bei dem hellblau Unterlegtem

um Wasser handelt“ (Johannsmeyer, 2004, S. 54). Damit würde die Annahme unterstützt werden, dass das Wasser die Zwischenräume zwischen den Teilchen vollständig ausfüllt und diese in einem scheinbar kontinuierlichen flüssigen Medium schwimmen. Dabei wird von Schülerinnen und Schülern allerdings übersehen, dass dieses Medium auch aus (Wasser-)Teilchen aufgebaut sein muss. Ihre Vorstellung widerspricht damit der Vorstellung des diskontinuierlichen Aufbaus von Materie (Johannsmeyer, 2004).

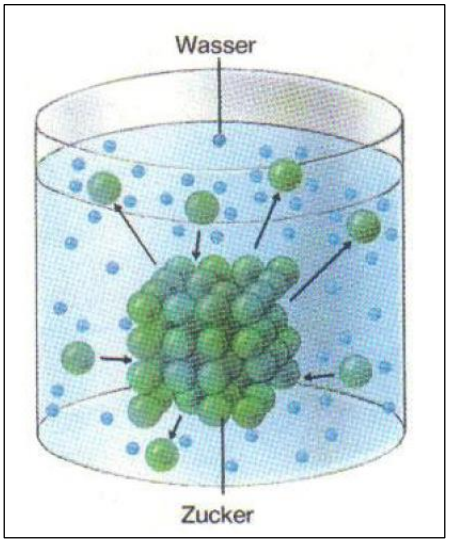


Abbildung 3.2. Lösungsvorgang von Zucker in Wasser im Kugelteilchenmodell (aus Häusler, Pfeifer & Schmidkunz, 1996, S. 23).

Neben fehlleitenden Schulbuchabbildungen, kann zudem der (unreflektierte) Einsatz von Modellen, Grund für Lern- und Verständnisschwierigkeiten sein. Wenn der Modellcharakter an sich, bspw. des Atommodells nach Dalton, nicht ausreichend thematisiert wird, neigen Schülerinnen und Schüler dazu, das Modell als Realität zu betrachten, also Atome mit kleinen Kugeln gleichzusetzen (O. De Jong & Taber, 2007). Nicht nur Modelle werden von Lehrenden und Lernenden unterschiedlich interpretiert, auch Begriffe haben für sie verschiedene Bedeutungen. Eine weitere mögliche Ursache von *unterrichtsinduzierten Vorstellungen* ist daher auch auf die Art und Weise, wie über chemische Begriffe in der Fach- bzw. Alltagssprache im Unterricht gesprochen wird, zurückzuführen (Busch & Ralle, 2011; Prechtl, 2014). Häufig denkt und spricht die Lehrkraft aus einer fachwissenschaftlichen Perspektive heraus, wohingegen Lernende zur Erklärung auf die Alltagssprache zurückgreifen. So verläuft die Kommunikation häufig nicht auf einer gleichen Ebene. Der im Alltag gebrauchte Ausdruck des „aufgelösten Zuckers“ steht zum

Beispiel im Widerspruch zu der Auffassung im Chemieunterricht, dass sich Stoffe nicht auflösen, sondern nur lösen. Aber auch durch Lehrkräfte verwendete (bewusste oder unbewusste) umgangssprachliche Formulierungen wie „Zerstörung von Eisen beim Rosten“ (Leerhoff, Kienast, Möllering & Eilks, 2003, S. 302) können zu Missverständnissen beim Lernenden führen.

3.1.3 Drei Arten von Schülervorstellungen

Wie eingangs angedeutet, können verschiedene Arten von Schülervorstellungen (*1. Schritt* in der Lehr-Landkarte) festgestellt werden. Dafür muss zunächst bekannt sein, was Lernende über Phänomene denken und wie sie sich diese erklären. Erst dann können Lerngelegenheiten gestaltet werden, die daran anknüpfen und dazu beitragen, die vorhandenen Wissensstrukturen weiter auszudifferenzieren und präzisieren zu können (Schönknecht & Maier, 2012, S. 7). Daher bildet die folgende Einteilung der vorhandenen Schülervorstellungen in *(I) Präkonzepte*, *(II) Alltagsvorstellungen* und *(III) unterrichtsinduzierte Schülervorstellungen* (vgl. auch Abbildung 3.1) die zentrale Ausgangsbasis für eine schülervorstellungsorientierte Unterrichtspraxis.

(I) Präkonzepte – vor dem Unterricht entwickelt

Mit dem folgenden Beispiel zur „Sonnenstrahltheorie“ soll verdeutlicht werden, dass Lernende, bereits vor Beginn des naturwissenschaftlichen Unterrichts, Phänomene ihrer Lebenswelt gut beobachten und für sich passende Schlüsse ziehen. Fragt man Kinder schon vor Eintritt in die erste Schulstufe, was mit einer Wasserpfütze an einem sonnenreichen Tag passiert, erhält man häufig die Antwort: „[D]ie Sonnenstrahlen haben das Wasser aufgesaugt, das ist dann einfach weg“ (Barke, 2006, S. 23). Kinder suchen also Zugänge zu naturwissenschaftlichem Denken schon weitaus früher als bisher angenommen (Elschenbroich, 2005; Krahn, 2005) In der Literatur werden diese ersten „vorwissenschaftlichen“ Vorstellungen und Theorien *Präkonzepte* genannt (vgl. *I* in Abbildung 3.1). Mit der zugefügten Silbe „*Prä-*“ soll der Entstehungszeitraum dieser Vorstellungsart kenntlich gemacht werden: Lernende erwerben schon *vor* dem Unterricht Vorstellungen und Ideen zu Phänomenen und Begriffen, sodass diese naturgemäß gar nicht umgangen oder verhindert werden können (Barke, 2006). Obwohl im Weiteren von Vorstellungen die Rede ist,

wird die Bezeichnung *Präkonzept* beibehalten, da die Begrifflichkeit in der Fachliteratur etabliert ist und oft zur Beschreibung vorwissenschaftlicher Vorstellungen verwendet wird.

(II) Alltagsvorstellungen – außerhalb des Unterrichts entwickelt

Ein weiterer, häufig verwendeter Begriff für die von Schülerinnen und Schülern eigenständig entwickelten Vorstellungen, ist der Begriff der *Alltagsvorstellung* (vgl. *II* in Abbildung 3.1). Obwohl der Begriff der lebensweltlichen bzw. alltäglichen Vorstellung häufig unter die Rubrik der *Präkonzepte* bzw. vorunterrichtlichen Vorstellungen gefasst wird, wird dieser in der vorliegenden Arbeit als eigenständige Vorstellungsart aufgeführt. Lernende jeden Alters machen sowohl vor, während, als auch nach ihrer Schulzeit, Erfahrungen in ihrem Alltag, die dazu führen diese „in ihre individuellen gedanklichen Muster“ einzuordnen (Heran-Dörr, 2011, S. 6). *Alltagsvorstellungen* entwickeln sich demnach nicht nur bis zum Eintritt in die Grundschule, sondern auch darüber hinaus bis ins Erwachsenenalter (Barke, 2006; Müller, Wodzinski & Hopf, 2004; Taber & Tan, 2011). Da empirische Untersuchungen zu Alltagvorstellungen allerdings weitgehend Vorstellungen von Lernenden bis zur Oberstufe berücksichtigen, beziehen sich die folgenden Ausführungen und Beispiele auf den Schulunterricht. Typische *Alltagsvorstellungen* liegen bspw. zu Verbrennungsvorgängen (Kerzen oder Benzin „ver“brennen, Grillkohle „ver“glüht, Holz „ver“kohlt) vor, ohne dass sie von den Lernenden als chemische Vorgänge gedeutet oder erkannt werden (Barke, Harsch, Marohn & Krees, 2015). Verursacht durch eigene Beobachtungen und vertraute alltägliche Formulierungen schlussfolgern sie, dass bei Verbrennungsprozessen Stoffe „vernichtet“ werden bzw. „ein Teil der Stoffe in die Luft übergeht“.

(III) Unterrichtsinduzierte Schülervorstellungen –durch den Unterricht entwickelt

Ebenso wie Erfahrungen im Alltag zur Entwicklung von Vorstellungen führen, trägt auch der Unterricht selbst dazu bei. Barke (2006) führt das darauf zurück, dass „Tradition oder Komplexität es oftmals nicht zulassen, bestimmte Themen widerspruchsfrei und allgemeinverständlich zu unterrichten. Es bleiben trotz des Unterrichts durch eine Fachkraft diffuse Vorstellungen zurück, die den heute gültigen wissenschaftlichen Theorien und Verabredungen nicht entsprechen.“ (Barke, 2006, S. 21 f.). „Lückenhafte“ Vorstellungen können im schulischen Lernprozess dabei

durch die Lehrkraft selbst, vorangegangene Lehrkräfte oder den Einsatz mangelhafter Lehr- und Lernmaterialien bedingt sein (vgl. auch 3.1.2). Dadurch werden Un- und Missverständnisse bei den Lernenden erzeugt, diese zu Schwierigkeiten beim weiteren Lernen führen können. Barke spricht hier etwas provokant von „hausgemachten Fehlvorstellungen“ (Barke, 2006, S. 25). Im Weiteren wird allerdings der Begriff der *unterrichtsinduzierten Schülervorstellung* (vgl. *III* in Abbildung 3.1) verwendet, da – wie oben bereits ausgeführt – die Bezeichnung der Fehlvorstellung vermieden wird.

3.1.4 Stabilität von Schülervorstellungen

Die Stabilität von Schülervorstellungen stellt eine große Herausforderung für Lehrende, wie Lernende dar (Adamina et al., 2018b). So wird nicht selten beobachtet, dass alternative Erklärungsansätze, die sich in unterschiedlichen (Alltags-) Situationen immer wieder glaubwürdig anwenden ließen, trotz langwieriger unterrichtlicher Bemühungen relativ resistent bestehen bleiben (Duit, 2004). Um auf die verschiedenen Arten von Schülervorstellungen adäquat reagieren zu können, ist es entsprechend zentral, dass die Lehrkraft weiß, ob die Vorstellungen mehr (stabil) oder weniger (labil) stark elaboriert vorliegen. Im Hinblick auf die Stabilität unterscheidet die Literatur bisher tiefverankerte „deep structures“[16] bzw. spontan, ad hoc auftretende „current constructions“ (Duit, 1993; Möller, 2010; Niedderer & Schecker, 1992; Wodzinski, 1996), die im Folgenden allerdings als stabile bzw. labile Vorstellungen bezeichnet werden (vgl. Abbildung 3.1). Diese Benennungen geben verglichen mit „current“ und „deep“ eindeutiger den jeweiligen „Verankerungsgrad“ der Schülervorstellungen wieder (Feige et al., 2017).

Stabile Vorstellungen

Obwohl die genannten Eigenschaften auf alle Schülervorstellungsarten gleichermaßen zutreffen können, sind vor allem diejenigen Schülervorstellungen besonders stabil, die sich vor der eigentlichen Unterrichtung entwickelt haben (*Präkonzepte*) und im Alltag plausible Interpretationsansätze (*Alltagsvorstellungen*) bieten (u. a. Adamina et al., 2018a). Der stabile Charakter ist dabei darauf zurückzuführen, dass

[16] Weitere Ausführungen zu „deep structures“ und „current constructions“ finden sich bei Schubert (2015, S. 7-9).

sich die individuell konstruierten Erklärungen der Lernenden in vielfältigen Alltagserfahrungen wiederholt als brauchbar erwiesen haben. Schülerinnen und Schüler erkennen daher keinen Grund an ihren Vorstellungen zu zweifeln bzw. unzufrieden damit zu sein (Wodzinski, 1996). Vielmehr sprechen die Lernenden ihren bewährten Erklärungsansätzen eine hohe Glaubwürdigkeit zu, sodass diese in Folge dessen entsprechend tief einprägt werden (Möller, 2010). Auch wenn sie oftmals der aktuellen, fachlichen Sichtweise widersprechen bzw. weit davon entfernt sind, weisen sie für die Schülerinnen und Schüler aufgrund der häufig vorliegenden Alltagsnähe eine gewisse Logik auf. In diesem Fall sehen die Lernenden trotz des Widerspruchs keine Notwendigkeit ihre Konzepte in Richtung eines naturwissenschaftlich orientierten Konzeptes zu überdenken (Duit, 2009). Die Plausibilität und der Überzeugungsgehalt der eigenen Betrachtungsweise kann darüber hinaus auch das Wahrnehmungsvermögen der Schülerinnen und Schüler beeinflussen (Möller, 2010). Dabei kommt es in Abhängigkeit der Vorstellungen und gemachten (sinnlichen) Eindrücke und Erfahrungen vor, dass Lernende im Sinne eines „confirmation bias“ nur das sehen, was sie sehen „wollen“ (Möller, 2010, S. 60). So werden selbst Beobachtungen und Ergebnisse von Experimenten, die eindeutig den subjektiv geäußerten Vorstellungen konträr gegenüberstehen, eher wegdiskutiert, als die fachlich angemessene Begründung anzunehmen (Chinn & Malhotra, 2002). Ihre als richtig erklärten Beobachtungen und erneut stabilisierten Vorstellungen wirken sich im Zirkelschluss wiederum auf folgende (experimentale) Beobachtungen aus und behindern damit unter Umständen die weitere produktive Auseinandersetzung mit Lerninhalten (Duit, 2009). Damit sind stabile Vorstellungen meist sehr resistent gegenüber Veränderungen (Adamina, 2018; Hardy & Meschede, 2018; Hartinger & Murmann, 2018).

Labile Vorstellungen

Nicht alle Vorstellungen, die im Unterricht geäußert werden, haben einen tief verankerten Charakter (Möller, 2018). Neben stabilen, lassen sich auch labile Vorstellungen feststellen. In diesem Fall können erste, fachlich zutreffende Überlegungen innerhalb der Schülervorstellung identifiziert werden, die Überschneidungs- und damit Anknüpfungspunkte mit der fachwissenschaftlichen Sichtweise anbieten (Reiners, 2017). So enthält die Vermutung eines Schülers erste wissenschaftlich orientierte Erklärungsansätze zur Erläuterung des Verdampfungsvorgangs von

Cyclohexan auf der Teilchenebene: „Die Zwischenräume zwischen den C- und den H-Atomen vergrößern sich. Das gesamte Molekül dehnt sich aus“ (Marohn & Egbers, 2011, S. 6). Die Vorstellung geht damit in Richtung der fachwissenschaftlichen Begründung, die besagt, dass sich lediglich die Abstände der Cyclohexan-Moleküle zueinander vergrößern. Weiterhin werden unter labilen Vorstellungen auch jene Vorstellungen verstanden, die situationsspezifisch ad hoc „erfunden“ werden (Hartinger & Murmann, 2018). Solche spontanen Verlegenheitskonstruktionen können dabei aus einer Beobachtung oder einem Gespräch heraus auftreten bzw. geäußert werden (Möller, 1999). Ein Beispiel könnte hierfür sein, wenn auf Unbekanntes im Unterricht reagiert werden soll oder die Vorstellung eines Klassenkameraden in einer entsprechenden Situation kurzfristig nachvollziehbarer erscheint. Damit sind labile Vorstellungen als spontan bzw. flüchtig entworfene Verlegenheitskonstruktionen oftmals nur vorübergehend wirksam (Möller, 1999; Wodzinski, 1996).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Schülervorstellungen jeweils gebunden in einem bestimmten Kontext (z. B. Familie, Freizeit, Unterricht) entstehen und je nach Art der Vorstellungen mehr oder wenig resistent bestehen bleiben. Das bedeutet, dass sich „je nach Anregung, Einbettung und Umgebung […] mitunter sehr verschiedene Vorstellungen“ (Heran-Dörr, 2011, S. 7) entwickeln können, die sich zum Teil auch als Hybrid- bzw. Mischvorstellungen (Jung, 1993) im Unterricht zeigen. Darunter versteht man, dass sich verschiedene erfahrungs- bzw. wissensbasierte Sichtweisen miteinander vermischen (siehe zu „Hybridvorstellungen“ auch Nieswandt, 2001, S. 50). Angesichts der Fülle und Stabilität an existierenden Schülervorstellungen, sind an die diagnostischen Fähigkeiten einer Lehrkraft große Anforderungen gestellt. Um eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie Lehrkräfte dabei unterstützt werden können, Einblicke in die Vorstellungswelt der Lernenden zu erhalten, wird im folgenden Kapitel ein praxistaugliches Hilfsmittel vorgestellt.

3.2 Hilfsmittel zum Erkunden von Schülervorstellungen

Die vorausgegangenen Kapitel haben aufgezeigt, dass es im Zuge des Erkundens von vorliegenden Schülervorstellungen einige Unterschiede, bezüglich deren Entstehungsursachen, -zeitraum und Beständigkeit, wahrzunehmen gilt. Als „gedankliche Konglomerate“ (Kattmann, 2007, S. 95) können Schülervorstellungen zum einen auf unterschiedlichen Ebenen (u. a. sprachlich, enaktiv, symbolisch, ikonisch) zum Ausdruck kommen (Möller, 2018). Als weitere Herausforderung für die Diagnose kommt zum anderen hinzu, dass sie sowohl implizit als auch explizit entstehen und vorliegen können (Heran-Dörr, 2011). Damit lassen sich die individuellen Vorstellungen nicht immer unmittelbar aus einem Unterrichtsgespräch heraus ermitteln, sodass sich die Einsichtnahme in die Lernerperspektive äußerst schwierig gestalten kann (Rütten, 2016). Im Zuge der Untersuchung von vorhandenen Vorstellungen ist demnach die folgende Frage von besonderem Bedeutung: „*Wie* lassen sich die Vorstellungen von Lernenden angemessenen erkunden und in der Unterrichtsplanung berücksichtigen?“ Bislang werden z. B. „informative Interviews“ (Lamnek, 2005, S. 333) durchgeführt, um Einblicke in die Perspektiven der Lernenden zu erhalten. Neben sehr aufwändigen Einzelinterviews stehen allerdings noch weitere Möglichkeiten zur Verfügung, um auch im Klassenverband eine zeitökonomische Erfassung realisieren zu können.

Der Einsatz von sogenannten Concept Cartoons ermöglicht bspw. verschiedene Vorstellungen von Lernenden zu einem Sachverhalt einander gegenüberzustellen und die dahinterliegenden Denkprozesse zu diskutieren (Barke & Yitbarek, 2009; Chin & Teou, 2009; Naylor & Keogh, 2004). Daneben sind noch weitere Instrumente[17] zur Erhebung der Perspektive von Schülerinnen und Schülern zu nennen, wobei die nachfolgenden Vorschläge keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben: mehrstufige Multiple-Choice-Tests (two/three-tier-Ansatz) (Tsai & Chou, 2002), Wortassoziationstests (Jung, 1981) sowie Bildmaterial oder Skizzen (Schecker & Duit, 2018). An dieser Stelle können allerdings nicht alle Verfahren vorgestellt werden, sodass eine Spezifizierung auf die genannten Concept Cartoons erfolgt.

[17] Für einen Überblick an offenen und geschlossenen Aufgabenformaten zur Diagnose von Schülervorstellungen siehe Dannemann (2015).

Es folgt daher zunächst eine Einführung in dieses Instrument, um daran anschließend einen kurzen Überblick über die verschiedenen Anwendungsfelder von Concept Cartoons für die Arbeit an und mit Schülervorstellungen zu geben.

3.2.1 Concept Cartoons – Beschreibung eines Erhebungs- und Unterrichtsinstruments

Auf Keogh und Naylor (1999) zurückgehend, wurden Concept Cartoons ursprünglich konzipiert, um „eine innovative Lehr- und Lernstrategie zu entwickeln, die konstruktivistische Ansichten über das Lernen […] berücksichtigt“ (Übersetzung nach Keogh & Naylor, 1999, S. 431). Die Abbildung eines Concept Cartoons zeigt die Gesprächssituation einer Gruppe, in der verschiedene Charaktere (englisch: cartoons) über eine aufgeworfene Fragestellung ihre Erklärungsansätze bzw. Konzepte (englisch: concepts) äußern (Steininger & Lembens, 2011). Werden Concept Cartoons im Chemieunterricht eingesetzt, wird in den dargestellten Gesprächssituationen über Phänomene mit naturwissenschaftlichem Hintergrund debattiert. Die in diesem Zusammenhang gestellte Frage greift dabei u. a. auch Phänomene auf, die eine Nähe zum Alltag der Schülerinnen und Schüler aufweisen (vgl. Abbildung 3.3: „Leitet Wasser Strom und ist es deshalb gefährlich, wenn ein Föhn ins Badewasser fällt?“).

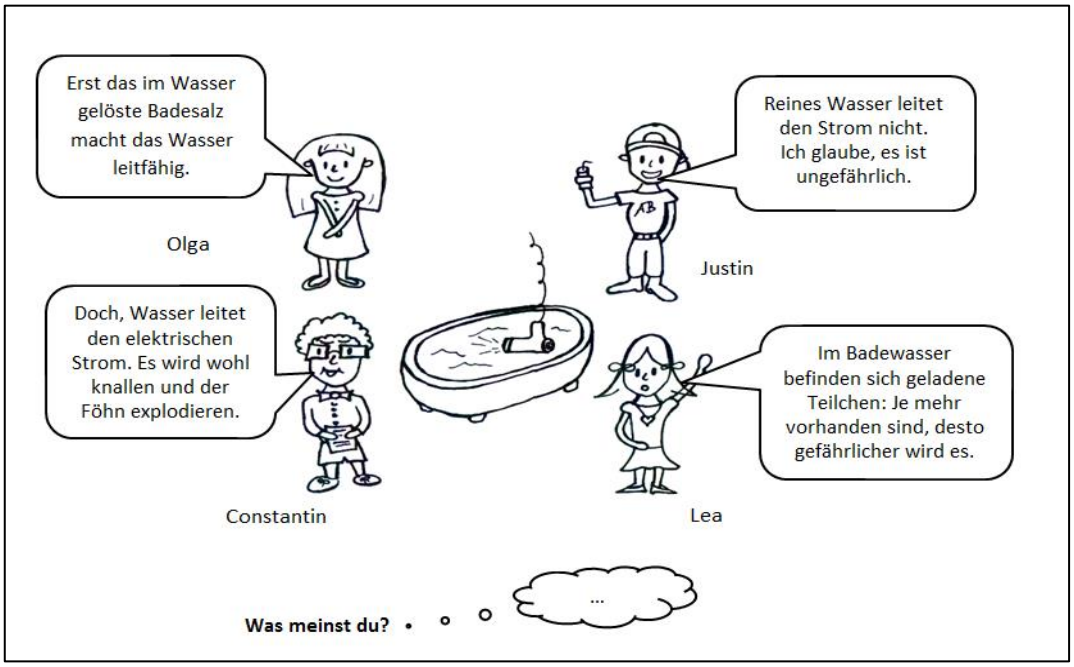


Abbildung 3.3. Concept Cartoon als Gesprächsanlass zur Frage „Leitet Wasser Strom und ist es deshalb gefährlich, wenn ein Föhn ins Badewasser fällt?“.

Aber auch Themen aus dem Bildungsplan, wie z. B. die Herstellung von Kunststoffen (vgl. Abbildung 3.4), können durch die Arbeit mit Concept Cartoons thematisiert werden. Die hier abgebildeten Beispiele verdeutlichen, dass sich die Arbeit mit Concept Cartoons sowohl für Unterrichtsthemen der Unter- als auch der Oberstufe anbietet.

Abbildung 3.4. Concept Cartoon zum Thema ‚Kunststoffe' (aus Steininger, 2016, S. 5).[18]

Ähnlich wie bei einem Comic werden die verschiedenen Vorstellungen in Sprechblasen einander gegenübergestellt. Concept Cartoons sind allerdings ganz klar von Comics abzugrenzen: Comics stellen zumeist eine Bildergeschichte dar (Sackmann, 2008), in der selten die Ideen und Vorstellungen der Lernenden Berücksichtigung finden. Concept Cartoons hingehen sind darauf ausgelegt, Vorstellungen, die Einfluss auf den Lernprozess haben, bewusst zu thematisieren (Yong & Kee, 2017). Die Aussagen in den Sprechblasen beinhalten dabei sowohl wissenschaftlich akzeptierte Erklärungsansätze, als auch gängige *Alltagsvorstellungen*, also (vor)wissenschaftliche Ideen und Theorien, die nicht immer mit den heute anerkannten Erklärungen übereinstimmen müssen (Steininger, 2016). Allerdings kann bei den präsentierten Aussagen keine ausschließliche Unterscheidung zwischen

[18] Ich danke Frau Rosina Steininger für die Genehmigung des Abdrucks dieses Concept Cartoons.

„richtig“ und „falsch“ vorgenommen werden. Steininger (2017) schlägt vielmehr eine Kategorisierung in „angemessene“ und „unangemessene“ Aussagen vor, „da viele von ihnen aus ihrem Zusammenhang heraus interpretiert [werden] und ihre Bedeutung gegebenenfalls ausgehandelt werden muss“ (Steininger, 2017, S. 9). Weiter führt sie an, dass durch diese Unterscheidung zum Ausdruck gebracht wird, „dass die Erklärungen und Modelle, derer wir uns bedienen, etwas Vorläufiges sind, das sich sowohl beim Einzelnen als auch innerhalb der Gemeinschaft der WissenschaftlerInnen stets weiterentwickelt“ (ebd.). Warum das Aufgreifen konkurrierender – alltäglicher versus fachspezifischer – Vermutungen aus der Lebens- und Lernwelt sinnvoll erscheint, macht Kühberger (2017) deutlich:

> Durch einen solchen Lebensweltbezug soll den Lernenden die Verbindung zwischen Alltagserfahrung und wissenschaftlichen Einsichten verdeutlicht werden. Fachspezifische Phänomene können auf diese Weise als Teil des eigenen Lebens wahrgenommen werden. Man entzieht sie damit einer Entfremdung, wie man sie oft im schulischen Lernen zwischen Lebens- und Lernwelt vorfindet, wenn die eigenen Lebenserfahrungen und Alltagsverständnisse unberücksichtigt bleiben. (S. 23)

Damit sich die Lernenden mit ihren Erklärungsansätzen in den verwendeten Aussagen wiederfinden, werden in den Sprechblasen im besten Fall Schülervorstellungen präsentiert, die innerhalb empirischer Untersuchungen zu der behandelten Thematik gefunden wurden. Indem bereits vorliegende Vorstellungen im Concept Cartoon Berücksichtigung finden, werden damit Anknüpfungspunkte geschaffen, die den Aufbau bzw. die Erweiterung vorhandener und neuer Vorstellungen ermöglichen. Zusätzlich beinhalten die meisten Concept Cartoons eine leere Denkblase mit der Aufforderung *„Was meinst du?“* (vgl. Abbildung 3.3). Auf diese Weise können weitere Vorstellungen entdeckt werden, die bisher weder in den Sprechblasentexten, noch im Unterricht thematisiert wurden. Gleichzeitig werden die Lernenden damit ermutigt, ihre eigenen Ideen und Interpretationen in die Beantwortung der fachlichen Fragestellung einzubringen (Naylor, Keogh & Goldsworthy, 2013). Da der Wissenserwerb in der Schule auch durch den Austausch mit anderen stattfindet, ist Lernen neben der individuellen, auch stets als eine soziale Auseinandersetzung mit bzw. an einem Thema zu verstehen (Duit, 2009). Der Concept Cartoon wird daher idealerweise mit einer Aufgabenstellung präsentiert, die diesen sozial-konstruktivistischen Ansatz berücksichtigt. Einen konstruktivistischen Lernverständnis

folgend ist es bekanntermaßen essentiell, dass sich die Lernenden aktiv an der (Weiter-)Entwicklung ihrer eigenen Ideen und Vorstellungen beteiligen (Hardy & Meschede, 2018; Möller, 2018). Die Aufgabenstellung zum Concept Cartoon umfasst meist mehrere Arbeitsaufträge, die an den einzelnen Lernenden oder eine Gruppe adressiert sind. Zunächst sollen die Lernenden in Einzelarbeit ihre eigenen Vorstellungen überprüfen. Dabei werden sie aufgefordert durch den Einbezug von fachlichen Evidenzen begründet Stellung zu den dargebotenen Erklärungen zu nehmen. In einer anschießenden Partner- oder Kleingruppenarbeit sollen die gefundenen Argumente eingebracht und angesichts ihrer Überzeugungskraft von den jeweiligen Gruppenmitgliedern auf die Probe gestellt werden (Feige & Lembens, eingereicht). Durch den Dialog mit anderen, bekommen die Lernenden bezogen auf die zu diskutierende Frage eine Rückmeldung zu ihren derzeit dazu vorliegenden Kenntnissen (Chin & Teou, 2009). Dadurch haben sie in Folge die Möglichkeit ihre eingebrachten Vorstellungen und Argumente weiter auszudifferenzieren bzw. zu überarbeiten (Naylor & Keogh, 2013; Steininger & Lembens, 2011). Dass der Austausch über Lerninhalte unter den Lernenden für die Diagnose von Schülervorstellung enorm wichtig ist, zeigte bereits eine Untersuchung von Sumfleth und Pitton (1998): Ist der Redeanteil der Lernenden im Chemieunterricht zu geringfügig bzw. die Kommunikation lediglich auf die oberflächliche Verwendung von einzelnen Fachvokabeln beschränkt, ist es für die Lehrkraft nicht möglich, dass Verständnis der Lernenden zu erfassen. Indem die begleitende Aufgabenstellung zum Concept Cartoon die Lernenden aktiv dazu auffordert, die eigenen Vorstellungen zu verbalisieren, kann die Lehrkraft auf diese Weise bestehende Schülervorstellungen entdecken. Zudem kann gleichzeitig ein Austausch über die eigenen Erklärungsansätze unter den Lernenden angeregt werden, für den nach Naylor und Keogh (2013) kein „specific vocabulary, or teacher intervention in managing the process of argumentation“ (Naylor & Keogh, 2013, S. 5) notwendig ist.

3.2.2 Einsatzmöglichkeiten von Concept Cartoons im Umgang mit Schülervorstellungen

Concept Cartoons können auf unterschiedliche Weise und zu verschiedenen Zwecken im Unterricht eingesetzt werden (vgl. hierzu Überblicksarbeit: Steininger, 2017, S. 10 – 19; Yong & Kee, 2017, S. 13). Die Spannweite reicht von der Förderung der Schülermotivation und Beteiligung am Unterricht (Dündar & Şentürk,

2012; Kabapinar, 2005; Keogh & Naylor, 1999), über die Unterstützung zum Aufbau fachlich angemessener Vorstellungen (Kabapinar, 2005), bis hin zur Minimierung von Problemen im Zuge des *classroom management* (Keogh & Naylor, 1999). Es handelt sich demnach um „vielfältig einsetzbare, multifunktionale Unterrichtswerkzeuge“ (Steininger, 2017, S. 10). Im Folgenden werden drei Ansätze zur Verwendung von Concept Cartoons vorgestellt, wobei der Fokus auf den Einsatzmöglichkeiten zur Erhebung und der konzeptuellen Umstrukturierung von Schülervorstellungen liegt. Weitere Verwendungsmöglichkeiten in der Schul- (Feige & Lembens, eingereicht) und Seminarpraxis (Friesen & Feige, 2020) sowie Hinweise für die Auswahl und Gestaltung eines Concept Cartoons sind in den angegebenen Beiträgen zu finden.

Concept Cartoons als Instrumente zur Erhebung von Schülervorstellungen und deren Ursachen

Lehrkräfte können Concept Cartoons in ihrem Unterricht einsetzen, um damit zu erheben, welches (Vor-)Wissen und welche Vorstellungen zum thematisierten Sachverhalt in einer Klasse vorliegen (Barke & Yitbarek, 2009; Chin & Teou, 2009). Es ist allerdings viel wesentlicher, dass die Lernenden die Möglichkeit erhalten, sich im Zuge der Beschäftigung mit den Inhalten des Concept Cartoons über die eigenen, teilweise unzureichenden Vorstellungen bewusst zu werden (Naylor & Keogh, 2013). Andernfalls besteht die Gefahr, „dass parallele – gegebenenfalls sich widersprechende – Vorstellungen implizit vorhanden bleiben“ (Hartinger & Murmann, 2018, S. 51). Damit Verständnislücken nicht unbemerkt fortbestehen, ist es wichtig, dass die Perspektiven der Lernenden „nicht frühzeitig in richtig oder falsch eingeteilt, sondern als legitime Vermutungen verstanden werden, die sich dann in der weiteren Arbeit (bei Recherchen, nach der Durchführung von Versuchen oder im sozialen Austausch) bestätigen oder verändern können“ (Hartinger & Murmann, 2018, S. 60). Auch die hinter den Vorstellungen liegenden Entstehungsprozesse, können durch den Einsatz von Concept Cartoons erkundet werden (Kabapinar, 2005; Keogh & Naylor, 1999). So können z. B. die geäußerten mündlichen, wie schriftlichen Argumente der Lernenden Hinweise auf die Entstehungsursache(n) der Verständnisschwierigkeit geben (Keogh & Naylor, 1999). Um Ursachen bspw. aus dem familiären und sozialen Umfeld aufzudecken, können Concept Cartoons als „Denkaufgabe für zu Hause“ (Lembens, 2012, S. 50) aufgegeben werden. Durch

die Aufforderung über das abgebildete Phänomen mit Freunden oder der Familie zu diskutieren und sinnvolle Begründungen aller Beteiligten festzuhalten, kann auf diesem Weg direkt die Entstehungsquelle der Schülervorstellung erkannt und thematisiert werden. Die zu Missverständnissen führenden Aussagen können in die anschließende Besprechung aktiv einbezogen und gemeinsam mit der Klasse reflektiert betrachtet werden (Lembens, 2012).

Concept Cartoons zur Unterstützung und Reflexion von Konzeptwechselprozessen

Mit Concept Cartoons lassen sich nicht nur verschiedene Perspektiven von Lernenden zu einem bestimmten Zeitpunkt erfassen. Werden sie zu Beginn und erneut gegen Ende einer Unterrichts- bzw. Themeneinheit eingesetzt, können so fachliche Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler festgestellt werden. Einige Studien (Akamca, Ellez & Hamurcu, 2009; Chin & Teou, 2009; Ekici, Ekici & Aydin, 2007; Kabapinar, 2005) legen dar, dass durch die Arbeit mit Concept Cartoons eine Konzepterweiterung bzw. ein Konzeptwechsel bei den Lernenden angebahnt werden kann. Damit ist gemeint, dass sich ihre anfänglichen vorwissenschaftlichen Vorstellungen in Richtung eines tragfähigen, fachgerechten Konzeptes (weiter-)entwickeln. Allerdings weisen jene Studien gleichsam darauf hin, dass die Art und Weise, wie der Concept Cartoon in den Unterricht eingebettet ist, ein entscheidender Faktor für den (Lern-)Erfolg darstellt (Chin & Teou, 2009; Kabapinar, 2005). Für die Lernenden ist es bedeutsam, dass sie den Konzeptwandel nachvollziehen können. Es muss für sie dabei erkennbar werden, wie sie dank deutlich fundierterer, fachwissenschaftlicher Erklärungen von ihren ursprünglichen zu den neu erarbeiteten Vorstellungen gelangt sind. Vor allem am Ende einer Unterrichtseinheit bietet es sich an, noch einmal rückblickend den Lernprozess zu betrachten. Dabei kann der Concept Cartoon zur Wiederholung des Gelernten bzw. zur Reflexion des Konzeptwechselprozesses erneut ins Zentrum der Aufmerksamkeit gestellt werden. In diesem Zuge besteht die Möglichkeit zu überprüfen, ob eine Weiterentwicklung und Verinnerlichung der neu zu erlernenden Sachverhalte stattgefunden hat. Der erneute Einsatz desselben Concept Cartoons eignet sich zugleich für die Identifikation von stabilen Schülervorstellungen (3.1.3). Damit die (neu) aufgebauten Vorstellungen nachhaltig gefestigt werden können, gilt es weitere Lerngelegenheiten zu schaffen, die eine Anwendung der Inhalte des Concept Cartoons in verschiedenen Situationen und anderen Kontexten ermöglichen. Lernende sollen auf diese

Weise erfahren, dass sie mit den neuen Erkenntnissen in der Lage sind, zielführend, überzeugend und fachlich angemessen zu argumentieren.

Concept Cartoons als Auslöser für kognitive Konflikte

Um Schülerinnen und Schüler mit tief verankerten und resistenten Vorstellungen in ihrem Konzeptwechselprozess unterstützen zu können, werden Strategien zum Auslösen von kognitiven Konflikten benötigt (3.3). Diese verfolgen das Ziel, Lernenden in Bezug auf Aufgaben- oder Problemstellungen die Grenzen der eigenen Vorstellungen aufzuzeigen. Lernende mit hartnäckigen Vorstellungen müssen an einen Punkt gelangen, an dem sie erkennen, dass zum Lösen jener Aufgaben- oder Problemstellungen ihre mitgebrachten Konzepte und Alltagserfahrungen oftmals fachlich nicht ausreichend sind. Durch den Einsatz von Concept Cartoons werden entsprechende Fragenstellungen aufgeworfen. Wenn Concept Cartoons keine unmittelbar falschen bzw. leicht auszuschließenden Aussagen zur Diskussion stellen, haben sie das Potenzial kognitive Dissonanzen in und unter den Lernenden zu initiieren (Naylor & Keogh, 2013). Die Lernenden befinden sich demnach durch die geäußerten Meinungen der Concept Cartoon Protagonisten in einer gezielten Konfrontation mit verschiedenen Erklärungsversuchen zu dem gezeigten Phänomen. Indem Vorstellungen und Beobachtungen ausgesprochen und diese diskutiert werden, erfahren Lernende Widersprüchlichkeiten und Grenzen in ihren bisherigen Annahmen. Vor allem beim Austausch in der Gruppe stellen die Lernenden oftmals fest, dass ihnen Erkenntnisse fehlen, um angemessen argumentieren zu können. Häufig ist dieser kognitive Konflikt ein Anlass dafür, die eigenen Vermutungen nochmals zu überdenken (Chin & Teou, 2010; Dolasir, 2007; Ekici et al., 2007; Kabapinar, 2005; Keogh & Naylor, 1999; Rahmat, 2009; Stephenson & Warwick, 2002). Damit wird ein Anstoß zur vertieften Auseinandersetzung mit den individuellen Vorstellungen sowie mit Evidenzen, die die eigenen Annahmen stützen, gegeben. Die Suche nach Strategien zur Entwicklung und/oder Umstrukturierung der bisherigen Vorstellungen wird damit wahrscheinlicher (Naylor & Keogh, 2013). Allerdings sollte stets darauf geachtet werden, dass die Frage- und Aufgabenstellung für die Schülerinnen und Schüler noch lösbar ist und nicht in einer kognitiven Überforderung mündet (Feige & Lembens, eingereicht).

In den vorausgegangenen Kapiteln wurde bereits erläutert, dass das Erkunden der vorliegenden Erfahrungen und Kenntnisse der Lernenden einen notwendigen ersten

Schritt für einen lernförderlichen Umgang mit Schülervorstellungen darstellt. Mit dem Einsatz von Concept Cartoons können Lerngelegenheiten geschaffen werden, die diesen Schritt in der Unterrichtspraxis unterstützen. Die Lehr-Landkarte (vgl. Abbildung 3.1) macht deutlich, dass darauf weitere Schritte folgen sollten. Ziel muss es vielmehr sein, die ermittelten Schülervorstellungen in anschlussfähigen Aktivitäten aufzugreifen. Der naturwissenschaftliche Unterricht hält hierfür verschiedene Wege bereit, die im nächsten Kapitel thematisiert werden.

3.3 Lerntheoretische Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen

Es existieren zahlreiche lerntheoretische und didaktische Ansätze und Theorien, die die Bedeutung und Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Lernprozess hervorheben (z. B. Conceptual Change Theorie, Vygotskys Theorie der Zone der nächsten Entwicklung, Genetisches Lernen, Scaffolding, Didaktische Rekonstruktion u. v. m.).[19] Welche konkreten unterrichtspraktischen Wege bzw. Strategien sich für den Aufbau fachlich adäquater Konzepte anbieten sind zentrale Elemente des zweiten Schritts der eingangs vorgestellten Lehr-Landkarte (vgl. Abbildung 3.1). Je nach theoretischem Hintergrund werden für den Umgang mit Schülervorstellungen grundsätzlich zwei Lernwege (diskontinuierlich vs. kontinuierlich: Duit, 2009, S. 617 – 619; Häußler, Bünder, Duit, Gräber & Mayer, 1998, S. 194 – 198) bzw. drei Strategien (Anknüpfen, Konfrontieren, Umdeuten: Jung, 1986) unterschieden. Die Lehr-Landkarte vereint im zweiten Schritt beide Ansätze. Zusätzlich fließen noch weitere Aspekte bereits bestehender konstruktivistisch orientierter Lerntheorien (von Driver, Scott & Asoko, 1992 bis zu Treagust & Duit, 2015) sowie die drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität (bereits in 2.2 dargelegt) darin ein. Das Ziel all dieser Herangehensweisen ist es, einen erfolgreichen Konzeptwechsel bzw. -wandel zu initiieren, sodass dabei tragfähige Vorstellungen aufgebaut werden können. Nachstehend wird erläutert, welches Vorgehen sich anbietet, um speziell labile bzw. stabile Vorstellungen in diesem Prozess zu unterstützen (*2. Schritt: Umstrukturieren von stabilen und labilen Vorstellungen*).

[19] Einen zusammenfassenden Überblick über einen Großteil der aufgezählten Ansätze finden sich bei Möller (2018, S. 37 – 44).

Abschließend wird kurz skizziert, was es im Hinblick auf die *Anwendung* (*3. Schritt*) und *Reflexion* (*4. Schritt*) der neu aufgebauten bzw. erweiterten Konzepte zu beachten gilt. Dies ist notwendig, damit das Ziel im dargestellten Lehr-Landkarten-Prozess – die Entwicklung eines fachwissenschaftlich anerkannten Konzeptes – nachhaltig in den weiteren Lernprozess einfließt.

Kontinuierlicher Weg – Umgang mit labilen Vorstellungen

Beim Umgang mit Schülervorstellungen kann der kontinuierliche Weg dann eingeschlagen werden, wenn zu den bisherigen Vorstellungen der Lernenden Anknüpfungspunkte bestehen (Schecker & Duit, 2018). Es wird in diesem Zuge nach Strategien gesucht, mit denen im Unterricht ein möglichst kontinuierlicher und „bruchloser“ Übergang von der mitgebrachten zur naturwissenschaftlich gewünschten Vorstellungen möglich wird (Duit, 2004). In der Literatur wird dieser Übergang häufig als „conceptual change“ (Austausch), „conceptual growth“ (Wachstum), „conceptual development“ (Entwicklung), „conceptual reorganisation“ (Reorganisation) oder „conceptual reconstruction“ (Rekonstruktion) bezeichnet (Gebhard et al., 2017; McComas, 2014; Möller, 2007; Reiners, 2017). In Abgrenzung zum sehr häufig verwendeten Ausdruck „concept change“, der oftmals als ein Austausch bzw. Ersetzen der bisherigen Schülervorstellung aufgefasst wird, „fokussieren die Begriffe ‚Wachstum‘ und ‚Entwicklung‘ eine schrittweise Veränderung von Vorstellungen […]. ‚Reorganisation‘ betont die Situiertheit und Verknüpfung […] während die ‚Rekonstruktion‘ die Eigenaktivität der Schüler in den Mittelpunkt rückt“ (Fendt, 2019, S. 27). In der vorliegenden Arbeit wird sich an dieser Auffassung orientiert und allgemein von einem *Umstrukturieren der Vorstellungen* (*2. Schritt*) gesprochen, wobei es in Bezug auf labile Vorstellungen zu einer Konzepterweiterung kommt. Wie bereits erwähnt, ist eine Konzepterweiterung vor allem dann möglich, wenn in den mitgebrachten Vorstellungen der Lernenden erste fachliche Grundlagen zu erkennen sind, sodass daran anknüpfend eine Ausdifferenzierung und Präzisierung dergleichen möglich wird (Reiners, 2017). Die in Kapitel 3.1.4 aufgeführte Aussage eines Schülers zum Verdampfungsvorgang von Cyclohexan macht beispielhaft deutlich, dass die hinter den Äußerungen stehenden Vorstellungen nicht immer zwingend der fachwissenschaftlich anerkannten Sichtweise entgegenstehen müssen, sondern durchaus auch fachlich orientiert sein können. Aufgrund der Anknüpfungsmöglichkeiten sind diese Vorstellungen der Lernenden

im weiteren Lern- und Lehrprozess leichter zu bearbeiten (Möller, 2018). Um eine Erweiterung bzw. kleinere Revision der ursprünglichen (labilen) Schülervorstellungen zu bewirken, schlägt Jung (1986) daher u. a. Anknüpfungsstrategien vor. Dabei wird ein Aspekt in der vorliegenden Schülervorstellung ermittelt, der eine Nähe zur fachlichen Sichtweise aufweist und damit einen Anknüpfungspunkt bietet. Eine weitere Variante der Konzepterweiterung besteht im „Umdeuten" der vorliegenden Vorstellungen, womit analog zu den Anknüpfungsstrategien ein kontinuierlicher Übergang veranlasst werden soll (Jung, 1986; Strahl & Preißler, 2014). Vor allem bei alltagssprachlichen Redewendungen wie „Strom, Wasser oder Energie wird verbraucht" bietet sich die Umdeutungsstrategie an. Hierbei ist es wichtig, dass für die Lernenden verständlich wird, „dass sie mit ihrer Vorstellung durchaus etwas Richtiges meinen" (Duit, 2004, S. 4), die Naturwissenschaften hingegen auf andere sprachliche Bezeichnungen zurückgreifen. So sollte im Fachunterricht darauf eingegangen werden, dass der „Verbrauch" vielmehr als eine Umwandlung zu verstehen ist. Unterrichtskonzeptionen, die sich im Zusammenhang einer Konzepterweiterung, aber auch eines Konzeptwandels (siehe folgender Abschnitt) als vielversprechend erwiesen haben, sind: *Choice2learn* (Marohn, 2008), *Chemie im Kontext* (kurz: *CHik:* (Nentwig, Demuth, Parchmann, Ralle & Gräsel, 2007) oder *Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren* (Petermann, Friedrich & Oetken, 2008). Diese Verfahren legen einen großen Wert darauf, Lerngelegenheiten bereitzustellen, die Schülerinnen und Schülern eine kognitiv anregende Auseinandersetzung mit ihren eigenen Vorstellungen sowie mit Lerngegenstand ermöglichen (Stichwort in der Lehr-Landkarte: *kognitive Aktivierung*).

Diskontinuierlicher Weg – Umgang mit stabilen Vorstellungen:

Im Gegensatz zu den labilen Vorstellungen, die eine Basis zur Anreicherung der schon vorhandenen Kenntnisse bieten, wird bei stabilen Vorstellungen ein Konzeptwandel angestrebt. In diesem Zusammenhang wurde bislang oft von einem notwendigen „conceptual change" gesprochen (wesentliche Kritikpunkte hierzu finden sich bei Krüger, 2007, S. 86). Darunter ist allerdings kein abrupter Konzept- bzw. Vorstellungswechsel zu verstehen, bei dem anfänglich bestehende Schülervorstellungen ausgelöscht, korrigiert oder ausgetauscht werden. Vielmehr sollen diese zu einer neuen, nämlich der naturwissenschaftlich angemessenen Vorstellung, gewandelt bzw. verändert werden (Wodzinski, Prenzel, Demuth & Rieck, 2006). Der Weg

hin zur fachlich angestrebten Vorstellung verläuft in diesem Fall allerdings diskontinuierlich, da Schülerinnen und Schüler immer wieder in ihre altbewährten Denkmuster und lebensweltlichen Vorstellungen zurückfallen (Barke et al., 2015). Aufgrund dessen, das sich ihre stabilen Vorstellungen in vielfältigen Alltagserfahrungen mehrfach als brauchbar erweisen und mit der naturwissenschaftlichen Perspektive meist noch stark kollidieren, handelt es sich um einen langwierigen (Wandlungs-)Prozess (Hardy & Meschede, 2018). In diesem Zuge weist Heran-Dörr (2011) des Weiteren darauf hin: „Da ein Lernender häufig nicht weiß, was er nicht weiß, entsteht bisweilen erst in der Konfrontation mit anderen (mehr oder weniger richtigen) Vorstellungen ein Bewusstsein für die potentielle Fehlerhaftigkeit seines Konzeptes.“ (Heran-Dörr, 2011, S. 6). Eine Variante des Konzeptwandels besteht daher darin, Lernende durch eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zum Verstehen der naturwissenschaftlichen Sicht zu führen (Stichwort in der Lehr-Landkarte: *kognitive Aktivierung*). Bei dieser Vorgehensweise kann bspw. auf einen sogenannten kognitiven Konflikt zurückgegriffen werden (T. Wilhelm & Schecker, 2018). Alternativ sprechen Hewson und Hewson (1984) von einem „conceptual conflict“ (konzeptueller Konflikt). In diesem Fall wird stärker auf die Intention des Konfliktes hingewiesen. Das Ziel der Konfliktstrategien ist es, Lernenden die Grenzen und Widersprüche ihrer eigenen Konzepte bzw. Vorstellungen aufzuzeigen (Gebhard et al., 2017; Rehm, 2015). Das kann z. B. dadurch gelingen, in dem Experimente eingesetzt werden, die Lernende mit dem tatsächlichen Versuchsausgang konfrontieren, der nicht zu ihren vorhergesagten Ergebnissen passt (Duit, 2009). Übertragen auf die Schülervorstellung „Wasser würde beim Verdampfen verschwinden“ (vgl. Sonnenstrahltheorie 3.1.3) könnte mit den Lernenden der umgekehrte Vorgang der Kondensation thematisiert werden. Indem die Lernenden beobachten können, dass das Wasser wieder in seinen flüssigen Ausgangszustand zurückzuführen ist, wäre die Aussage, das Wasser sei nach dem Verdampfen „einfach weg“, nochmals zu überdenken (Barke, 2006). Damit die fachgerechte Begründung für das beobachtete Phänomen auf Dauer beibehalten und in verschiedenen Kontexten angewendet wird, müssen die Lernenden mit stabilen Vorstellungen von den neu zu erlangenden Konzepten überzeugt sein. Es können erst neue Denkstrukturen aufgebaut werden, wenn die Lernenden zur Einsicht kommen, dass ihre bisherigen Erklärungsansätze nicht mehr brauchbar sind (Duit, 1997, 2004; Schönknecht & Maier, 2012). Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) führen

vier förderliche Bedingungen auf, die erfüllt sein müssen, damit Lernende über diese Einsicht zur fachlich gültigen Sichtweise gelangen. Zunächst müssen sie mit ihren eigenen Vorstellungen unzufrieden sein (dissatisfaction), dann die im Schulunterricht präsentierte Vorstellung verständlicher, logischer (intelligible) sowie einleuchtender (plausible) empfinden, um sie dann erfolgreich anwenden (fruitful) zu können. Allerdings geben einige Autorinnen und Autoren zu bedenken, dass selbst die Berücksichtigung dieser vier formulierten Bedingungen bzw. das Auslösen eines kognitiven Konflikts oft nicht ausreichend und zielführend ist (Duit, 2009; Möller, 2010; Wodzinski et al., 2006). So führt Duit (2004) an, dass Lernende häufig gar nicht bereit und fähig sind, zu erkennen „worin der Konflikt besteht und was er bedeutet“ (Duit, 2004, S. 4). Auch Möller (2010) weist darauf hin, dass neben notwendigen metakognitiven Fähigkeiten „auch die emotionale Bereitschaft, scheinbar sichere Präkonzepte aufzugeben und unsichere Wege zu begehen“ (Möller, 2010, S. 62) entscheidend dafür ist, ob sich Lernende auf einen kognitiven Konflikt einlassen. Gleichzeitig betont die Autorin mögliche negative Konsequenzen, wie die Abnahme von Selbstvertrauen, wenn zu häufig Konfliktstrategien eingesetzt werden, um die Lernenden mit der Unvollständigkeit ihrer bisherigen Vorstellungen zu konfrontieren (ebd.). Der Erfolg eines Konzeptwandels ist demnach auch maßgeblich davon abhängig, ob motivationale und affektive Aspekte für das (weitere) Lernen berücksichtigt werden (Combe & Gebhard, 2007). Helbig (2005) erkennt:

> Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen auch die Beziehungen zwischen Schülern und das Klassenklima. Zahlreiche Untersuchungen belegen ihren Einfluss auf Selbstkonzept, Selbstwertgefühl, Erfolgszuversicht, Lernmotivation, Leistungsangst und Leistungsverhalten von Schülern (Zielinski, 1995, 50 ff.). Es liegt auf der Hand, dass ein Klima der Anerkennung und die Gewissheit, dass Fehlermachen zum Lernen gehört, dazu beitragen, dass Kinder auch bei Problemen nicht vorschnell aufgeben und weiter nach Lösungen suchen. (S. 192)

Eine wertschätzende Haltung gegenüber den Vorstellungen der Lernenden sowie eine positive Fehlerkultur werden u. a. zu den Aspekten der konstruktiven Lernunterstützung gezählt (Rehm, Ropohl, Steffensky & Parchmann, 2017). Damit Verständnislücken nicht unbemerkt bestehen bleiben, ist es wichtig, dass sich Lernende mit ihrer Perspektive (egal ob labil oder stabil) ernst genommen fühlen und sich trauen ihre Sichtweise im Unterricht durch eigene Beiträge einzubringen. Wird

wertschätzend mit jeder Sichtweise umgegangen, besteht das Potenzial den Einzelnen dazu anzuregen, die eigenen Vorstellungen zu hinterfragen, zu bearbeiten und weiterzuentwickeln (Adamina et al., 2018a). Somit ist jene Art von Lernunterstützung gleichermaßen entscheidend für den Erwerb von fachlich angemessenen Vorstellungen.

3. Schritt: Sicherung & Anwendung

Letztlich ist es für die langfristige Sicherung der neu aufgebauten Sichtweisen und Wissensbestände auch von zentraler Bedeutung, dass Schülerinnen und Schüler diese in weiteren Situationen und Kontexten nachvollziehen und anwenden können (Duit, 2009; Fendt, 2019). Damit die erworbenen, fachlich adäquaten Vorstellungen nicht nach einigen Unterrichtswochen wieder zu (un)gunsten der altbewährten, lebensweltlichen Vorstellungen ausgetauscht werden, sollte vor allem deren Kontextabhängigkeit beachtet werden (Heran-Dörr, 2011). Die Sicherung der neuen oder erweiterten Vorstellungen ist durch die Situationen und Lernkontexte geprägt, in denen sie zur Anwendung gekommen sind. Neben der Stabilität stellt damit dieser Aspekt eine große Herausforderung dar. „So können von der Lehrperson eingesetzte Phänomene, Experimente oder Beispiele, die von den Kindern und Jugendlichen einem anderen Kontext zugeordnet werden, das Verstehen unter Umständen sogar behindern, statt es zu erleichtern“ (Möller, 2010, S. 60). Daher sollte der erfolgreiche Umgang mit stabilen, wie labilen Schülervorstellungen darauf abzielen, die Vernetzung von *Alltagsvorstellungen* und wissenschaftlichen Erklärungskonzepten zu fördern (wie bspw. durch den Einsatz von Concept Cartoons, 3.2). Wie Studien zeigen, ist es sogar zwingend notwendig beide Perspektiven einander gegenüberzustellen und explizit die Grenzen und Möglichkeiten zu thematisieren (Guzzetti, Snyder, Glass & Gamas, 1993). Ansonsten besteht die Gefahr, dass beide Vorstellungen parallel zueinander bestehen bleiben und im ungünstigsten Fall die wissenschaftliche Sichtweise in Form von „trägem Wissen“ (Renkl, 2010) abgespeichert wird, das „im Alltag keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielt“ (Gebhard et al., 2017, S. 151). Vielmehr sollen die Lernenden dazu angeleitet werden, „zwischen wissenschaftlichen und Alltagsvorstellungen je nach Situation und Kontext“ (ebd.) flexibel hin- und herwechseln zu können.

4. Schritt: Reflexion

Abschließend stellt die *Reflexion* mit Blick auf das Ziel, ob die Lernenden fachlich anschluss- und tragfähige Konzepte aufbauen konnten, einen unerlässlichen Schritt (in der Lehr-Landkarte) dar. In Folge eines Lernprozesses, der auf einen Konzeptwandel bzw. eine Konzepterweiterung ausgerichtet ist, ist es wichtig, dass Zeit zur Reflexion für Lehrende und Lernende bleibt. Am Ende des Unterrichts sollten daher die Ausgangsvorstellungen der Lernenden nochmals aufgegriffen werden, um sie mit Blick auf die neu erworbenen naturwissenschaftlichen Erklärungskonzepte vergleichen und deren Veränderungsprozess reflektieren zu können (Möller, 2010). Die Reflexion sollte sich aber dabei keineswegs nur darauf ausrichten, ob das eben genannte Ziel erreicht wurde. Daneben gilt es ebenso die eingesetzten fachdidaktischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2007; Rehm, 2018b). Vor allem wenn bestimmte Verständnisschwierigkeiten immer wieder zutage treten, kann dies ein Hinweis dafür sein, die eigene Unterrichtsplanung und -durchführung näher in den Blick zu nehmen (Stichwort in der Lehr-Landkarte: *inhaltliche Strukturierung*, vgl. 2.2 und *Fachsprache*, vgl. 3.1.2). Wie bereits mehrfach angedeutet, könnte eine verständige Kommunikation zwischen der verwendeten Alltags- und Fachsprache eine zentrale Schlüsselstelle zur Aufklärung von Verständnisschwierigkeiten sein. Gebhard et al. (2017) empfehlen aufgrund dieser „Zweisprachigkeit“, beide „Sprachen“ zu berücksichtigen. Erfahrungsgemäß wird die Fachsprache „nur durch Rückgriff auf die Reflexion der Alltagssprache verständlich und sinnvoll“ (Gebhard et al., 2017, S. 146). Um vor allem keine unterrichts- bzw. lehrkraftbedingten Lernschwierigkeiten (3.1.2) hervorzurufen, ist daher die Bereitschaft zur kritischen Reflexion des Unterrichtsgeschehens und eigenen Handelns einer Lehrkraft besonders wichtig.

Aus diesem Kapitel geht hervor, dass es einige spezifische Unterrichtsansätze und -strategien gibt, die sich zum Aufgreifen von Schülervorstellungen in der Schulpraxis anbieten. Betrachtet man die vier Schritte in der Lehr-Landkarte nimmt die Lehrkraft im gesamten Prozess zum Umgang mit Schülervorstellungen eine zentrale Schlüsselrolle ein. Eine Berücksichtigung der Lernerperspektive in der Unterrichtsplanung und -gestaltung kann durch sie ermöglicht und gefördert werden.

Gleichzeitig wurde in Kapitel 3.1.2 aufgezeigt, dass die Entstehung von Schülervorstellungen mitunter durch den vorausgegangenen Unterricht und die Lehrkraft selbst bedingt sein kann. Daher wird im folgenden Kapitel anhand einiger empirischer Befunde diskutiert, welche konkreten Kenntnisse (angehende) Lehrkräfte zu Schülervorstellungen und deren Umgang haben.

3.4 Stand der Forschung: Was wissen (angehende) Lehrkräfte zu Schülervorstellungen?

Obwohl „Schülervorstellungen“ bereits seit den 1970er-Jahren intensiv erforscht werden, hat dies nicht unbedingt eine tatsächliche Berücksichtigung in der Unterrichtspraxis zur Folge. Bereits Ende der 1990er-Jahre wurde vermutet, dass die geringe Beachtung von Schülervorstellungen darauf zurückgeführt werden kann, dass „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). Auch fast zehn Jahre später erkennt Gomez-Zwiep (2008) für die Primarstufe ähnliche Tendenzen „the teachers' responses indicate that do not consider misconceptions beyond using prior knowledge as a means of determining the starting point of their lesson“ (Gomez-Zwiep, 2008, S. 450). Eine aktuelle Studie bestätigt für Lehrkräfte der Sekundarstufe „they do not possess the knowledge about the sources of these misconceptions and techniques to rectify them“ (Ilyas & Saeed, 2018, S. 3323). Trotz der zahlreichen Beiträge, die zum einen aufführen, welche themenspezifischen Schülervorstellungen (Barke, 2006; Barke et al., 2015; Horton, 2001; Taber, 2002 u. v. m.) vorliegen und zum anderen auch Empfehlungen für deren Diagnose und Umgang geben (vgl. hierzu die genannten Unterrichtskonzeptionen, S. 80), stellt dies eine anhaltende Herausforderung für Lehrkräfte dar (z. B. Gilbert, Justi, Van Driel, De Jong & Treagust, 2004; Gomez-Zwiep, 2008; Halim & Meerah, 2002; Ilyas & Saeed, 2018). Wie schon Gabel 1999 mutmaßte, zeigen diese Studien, dass viele Lehrkräfte nur wenig über die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler, deren Relevanz und Ursachen wissen. Zur Frage nach den Entstehungsmöglichkeiten von Schülervorstellungen führten die befragten Lehrkräfte in der Untersuchung von Ilyas und Saeed (2018) weder das Schulbuch noch die eigene Unterrichtspraxis auf. Werden mögliche Ursachen genannt, dann handelt es sich

dabei, wie in der Studie von Rohrbach und Marohn (2016), überwiegend um personen- und defizitorientierte Ursachen. Schülervorstellungen lassen sich demnach darauf zurückführen, dass die Lehrkraft den Lerninhalt nicht ausreichend erklärt habe (Rohrbach & Marohn, 2016, S. 334). Weiterhin geht aus der Untersuchung von Gomez-Zwiep (2008) hervor, dass die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer bereits gegenüber dem Begriff *misconception* ein begrenztes Verständnis aufweisen. Ihrer Ansicht nach, handelt es sich dabei um Wissenslücken bzw. Verwirrungen bei den Lernenden, welche es durch mehr Informationen zu schließen bzw. zu beseitigen gilt. Es ist ihnen anscheinend nicht bewusst, dass den Vorstellungen der Lernenden, wie in den vorausgegangenen Kapiteln verdeutlicht, ein tief verankertes Verständnis eigener Wissenskonstruktionen zugrunde liegen können. Wie auch in der Studie von Ilyas und Saeed (2018), können bei Gomez-Zwiep (2008) einige der befragten Lehrkräfte nicht einmal eine beispielhafte Schülervorstellung aus ihrer Unterrichtspraxis nennen bzw. beschreiben. Als Konsequenz, resultieren daraus Schwierigkeiten, im Unterricht auf die vorliegenden Vorstellungen angemessen reagieren zu können (u. a. Abell, 2007; Gabel, 1999; Uhren et al., 2013). Uhren (2014) untersuchte mit einem offenen Fragebogenformat, ob und wie Lehrkräfte auf Schülervorstellungen reagieren. Die Analyse zur fachlichen Qualität der Reaktionen zeigt, dass knapp 60 % von den Antworten der Lehrkräfte bezüglich des fachlichen Inhalts nicht einmal auswertbar waren. Bei den beschriebenen Reaktionen war zum Großteil nicht erkenntlich, ob sich diese als fachlich angemessen oder unangemessen einschätzen lassen. An dieser Stelle merkt Uhren (2014) kritisch an, dass „diese Undurchsichtigkeit bei der Auswertung auch zu Problemen bei den Schülern führen könnte“ (Uhren, 2014, S. 75). Darüber hinaus wird bei 16 % der Rückmeldungen ein äußerst problematisches Handlungsmuster ersichtlich: Lernende werden trotz falscher Äußerungen gelobt oder die Lehrkraft gibt selbst fehlerhafte Auskünfte (ebd., S. 156). Bei der Auswertung der geschlossenen Testaufgaben kristallisierte sich weitergehend ein defizitäres bzw. unsicheres CK bei den teilnehmenden Lehrpersonen heraus: 30 % beantworteten die Multiple-Choice-Fachfragen, in denen es um die Identifikation von Schülervorstellungen ging, falsch. Knapp 11 % gaben gar keine Antwort (ebd., S. 85). Bei einer anschließenden Interviewstudie, die zusätzliche Informationen erbringen sollte, inwieweit Schülervorstellungen in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden, zeigte sich, dass sich die befragten Lehrkräfte hiermit gedanklich weniger auseinandersetzen (ebd., S. 159).

Bei den Interviews gaben die Probandinnen und Probanden zudem an, dass sie Schülervorstellungen im Rahmen des Studiums nur kurz kennenlernten und der Umgang damit gar nicht behandelt wurde. Uhren und Kollegen (2013) vermuten daher, dass die Schwierigkeiten im Umgang mit Schülervorstellungen auch durch „eine nicht angemessene Lehrerbildung“ (Uhren et al., 2013, S. 9) bedingt sein können. Eine weitere Untersuchung von Pietzner (2016) bringt ähnliche Ergebnisse hervor: 70 % der befragten Lehrkräfte konnten die Schülervorstellungen zum Teil nicht als solche identifizieren (Pietzner, 2016, S. 116). Zudem weisen die deskriptiven Befunde dieser Studie darauf hin, dass die Fähigkeit, Schülervorstellungen zu erkennen, einer starken Themenabhängigkeit unterliegt. Sogar innerhalb eines Themenbereiches, wie bspw. der Elektrochemie, zeigten sich völlig unterschiedliche Ergebnisse: „Während Vorstellungen zu den galvanischen Elementen relativ sicher erkannt wurden, sind diejenigen zu Elektrolysen wesentlich seltener identifiziert worden.“ (Pietzner, 2016, S. 115). In der Diskussion führt Pietzner (2016) an, dass Lehrkräfte wahrscheinlich ähnliche, fachlich nicht belastbare Vorstellungen wie ihre Schülerinnen und Schüler aufweisen. Die Vermutung, dass Lehrende aufgrund fachlicher Unsicherheiten selbst über unzureichende Vorstellungen verfügen, konnte für verschiedene Themenbereiche in einige Studien bestätigt werden (u. a. Burgoon, Heddle & Duran, 2011; Cheung, 2009; Koc & Yager, 2016; Pinarbasi, Sozbilir & Canpolat, 2009; Valanides, 2000). Dieser Umstand könnte eine weitere mögliche Ursache dafür sein, dass Schülervorstellungen nicht identifiziert werden und in Folge hartnäckig bestehen bleiben.

Bei fachdidaktischen Studien, die sich mit der Bedeutung des Wissens von Lehrkräften über Schülervorstellungen beschäftigen, lassen sich insgesamt zwei Ausrichtungen feststellen. Zum einen widmen sich die Untersuchungen dem „Wissen von Lehrkräften über allgemeine, nicht inhaltsspezifische Eigenschaften von Schülervorstellungen in den Naturwissenschaften und über Verfahren zur Diagnose der Vorstellungen im Unterricht (z. B. Gomez-Zwiep, 2008; Larkin, 2012; Morrison & Lederman, 2003)“ (Kleickmann, Steffensky et al., 2017, S. 230). Zum anderen (und das weitaus öfter) steht die Überprüfung, ob Lehrende inhaltsspezifische Schülervorstellungen identifizieren können, im Mittelpunkt der Studien (z. B. Physik: T. Wilhelm, 2008; Chemie: Pietzner, 2016; Sachunterricht: Kleickmann & Steffensky et al. 2017). Neben den bereits erwähnten fachlichen Schwierigkeiten, fallen dabei

auch deutliche Wissensunterschiede unter den befragten Lehrkräften auf (u. a. Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Lucero, Petrosino & Delgado, 2017; Otero & Nathan, 2008; Sadler et al., 2013). Auch wenn mittlerweile in einigen Domänen des naturwissenschaftlichen Unterrichts untersucht wurde, welche Schülervorstellungen Lehrerinnen und Lehrer zu konkreten naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen erkennen können, liegen dem gegenüber bislang nur wenige Studien vor, die zusätzlich den Umgang von Lehrkräften mit Vorstellungen thematisieren (Uhren, 2017). Insgesamt bleibt weitgehend offen, auf welche aktiven Handlungsmethoden Lehrkräfte zurückgreifen, um die festgestellten inhaltlichen Schülervorstellungen im weiteren Unterricht in Richtung fachlich tragfähiger Vorstellungen zu begleiten. Die Notwendigkeit der Untersuchung von Diagnose- und Förderfähigkeiten angehender Lehrkräfte, im Hinblick auf Schülervorstellungen, geht ebenfalls deutlich aus den Antworten der Expertinnen und Experten hervor, die zu Fragen des wirksamen Chemieunterrichts interviewt wurden (Rehm, 2018a). „Die Diagnose von chemiespezifischen Schülervorstellungen und der daran anschlussfähige Umgang damit“ (Rehm, 2018b, S. 18) wird als einer der wichtigsten Bereiche zur Gestaltung wirksamer Lernangebote für den Chemieunterricht eingeordnet. Wie bereits angemerkt, können die von den Expertinnen und Experten beschriebenen Erfahrungsberichte allerdings nur zum Teil mit empirischen Befunden belegt werden, sodass die vorliegende Arbeit versucht, dieses Desiderat aufzugreifen. Zudem ist unklar, inwieweit die von Uhren et al. (2013) beklagte „unzureichende“ Lehrerbildung wirklich für die mangelnden Kenntnisse verantwortlich gemacht werden kann. Es existieren derzeit nur wenige Befunde darüber, in welchem Umfang das Wissen über Schülervorstellungen Bestandteil der (chemie-)didaktischen Lehrerbildung ist und welchen Einfluss schulpraktische Erfahrungen haben. Die bislang vorliegenden empirischen Studien, die die Bedeutung formaler und informeller Lerngelegenheiten untersucht haben, deuten darauf hin, dass Lerngelegenheiten in der ersten Phase der Lehrerbildung im Zusammenhang mit PCK-Aspekten stehen, wohingegen dies für schulpraktische Erfahrungen nicht nachgewiesen werden konnte (Friedrichsen et al., 2008; Kleickmann et al., 2013; Schneider & Plasman, 2011). Insgesamt hat der Großteil der erwähnten Studien im Schuldienst stehende Lehrkräfte befragt, sodass die Frage offen bleibt, welche konkreten Wissensaspekte bei angehenden Lehrkräften, vor allem bei Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern, zum kompetenten Umgang mit Schülervorstellungen festgestellt werden können.

Zusammenfassung:

In der Lehr-Landkarte ist die Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Unterricht als ein vierschrittiges Vorgehen abgebildet (vgl. Abbildung 3.1). Allerdings sind diese Teilschritte „in der Unterrichtsrealität nicht als eigenständige, abtrennbare Phasen zu sehen“ (Hartinger & Murmann, 2018, S. 58). Vielmehr soll die Unterteilung des Prozesses in mehrere Schritte dazu verhelfen, die einzelnen Teilschritte und ihre jeweiligen An- und Herausforderungen spezifischer betrachten zu können. Den Anfang in diesem Prozess bildet bspw. eine im Unterricht geäußerte Vorstellung eines Lernenden. Diese will daran anschließend hinsichtlich deren Ursache, Kontextabhängigkeit und Verankerungsgrad analysiert (*1. Schritt*) und entsprechend von der Lehrkraft unterstützt (*2. Schritt*) werden. Je nach vorliegender Schülervorstellungsart (vgl. *I*, *II* oder *III* in der Lehr-Landkarte) und ihrer Beständigkeit (stabil vs. labil) stehen hierfür zwei Wege (*2. Schritt*) im weiteren Unterrichtsverlauf zur Verfügung. Bei stabilen Schülervorstellungen werden Konfliktstrategien eingesetzt, die aufgrund ihrer Resistenz und ihres „Rückfallcharakters“ über einen diskontinuierlichen Weg zum Aufbau fachkundiger Konzepte führen soll. Strategien zum Anknüpfen oder Umdeuten bieten sich für labile Schülervorstellungen an. Dabei ist ein kontinuierlicher Prozess in der Weiterentwicklung der mitgebrachten Vorstellungen zu erwarten. Zwei abschließende Schritte, die für beide Wege gelten, sind zum einen die Übung und Sicherung der neu aufgebauten bzw. weiterentwickelten Vorstellungen in anderen Kontexten (*3. Schritt*). Zum anderen gilt es den Lernprozess mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam zu reflektieren (*4. Schritt*). Für verstehendes Lernen ist es zentral, dass sie selbst erkennen, mit welchen Vorstellungen sie gestartet sind und wie sich diese im Prozess gewandelt und weiterentwickelt haben. Dabei gilt es nicht nur das Ziel, dass Lernende ein fachwissenschaftlich fundiertes Konzept aufgebaut haben, zu reflektieren, sondern auch welche eingesetzten, fachdidaktischen Handlungsweisen der Lehrkraft selbst diesen Prozess unterstützt haben. Praxisinstrumente, die sich bspw. sehr vielfältig für den Umgang mit Schülervorstellungen einsetzen lassen, sind Concept Cartoons. Sie geben Lehrenden, wie Lernenden die Möglichkeit, einen Einblick in die vorhandenen Vorstellungen zu erhalten, um daran anknüpfend neue Wissensinhalte aufbauen zu können. Der gesamte Prozess in der Lehr-Landkarte

soll aufzeigen, dass die Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen, entgegengesetzt der häufig vertretenen Annahme, sie seinen Lernhindernisse, vielmehr eine Grundlage für die Planung und Gestaltung von verständnisorientiertem Unterricht bietet (S. Schmidt & Parchmann, 2011). Zusammenfassend können die in der Lehr-Landkarte aufgeführten und in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen fachdidaktischen Handlungsweisen als vielversprechend für den Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht betrachtet werden. Es wäre demnach wünschenswert, wenn (angehende) Chemielehrkräfte über diese chemiedidaktischen Wissensbestände verfügen würden. Noch besser wäre es sie hätten diese Aspekte im Studium angemessen und ausreichend behandelt, um sie im Unterricht entsprechend einsetzen zu können. Demgegenüber lässt sich allerdings anhand der abschließend vorgestellten Befunde feststellen, dass das Wissen von Lehrkräften über vorliegende Schülervorstellungen nicht sonderlich ausgeprägt zu sein scheint.

4 Forschungsdesiderate zur Untersuchung des chemiedidaktischen Wissens und weiterführender Aspekte

In diesem Kapitel werden Schwerpunkte und Grenzen von Studien dargestellt, die sich mit der Erfassung von professionellen Wissensinhalten von (angehenden) Lehrkräften auseinandergesetzt haben. Insbesondere das PCK wird im Folgenden betrachtet und dabei das Zusammenspiel mit weiteren Kompetenzaspekten, Unterrichtsqualitätsmerkmalen sowie möglichen Einflussfaktoren thematisiert. Insgesamt wird sich vor allem auf Studien konzentriert, die im Zuge ihrer Untersuchungen besonders das Wissen über Schülervorstellungen hervorheben. Nach der Darstellung der Forschungsdesiderate folgt eine Einordnung der Forschungsfragen (Kapitel 6).

Innerhalb der Forschung zum Professionswissen stellt bis heute das PCK einen zentralen Untersuchungsgegenstand dar (vgl. Tabelle 2.1). Trotz der intensiven Forschungsbemühungen existiert bislang jedoch noch kein einheitliches Vorgehen im Hinblick auf die Operationalisierung, Modellierung und gewählten Verfahren zur Messung von PCK (Abell, 2007; Fischer et al., 2012; Hashweh, 2005; Park & Chen, 2012). Das hat zur Folge, dass sich die Ergebnisse der Studien nur schwer vergleichen lassen (Gramzow et al., 2013b). In den Arbeiten zum Verständnis des PCK in den Naturwissenschaften kristallisierte sich allerdings heraus, dass vielen Untersuchungen gemein ist, dass sie das Wissen über Schülervorstellungen als zentrale Facette des PCK auffassen (2.5). Insbesondere für diese Wissensfacette zeigte sich, dass sie sich positiv auf die Lernentwicklung von Schülerinnen und Schülern auswirkt (*Sachunterricht*: Kleickmann, Steffensky et al. 2017; Lange, Kleickmann, Tröbst & Möller 2012; *Physik*: Sadler et al., 2013). Hierbei sollte allerdings erwähnt werden, dass in diesem Zusammenhang häufig nur überprüft wurde, ob Lehrkräfte Schülervorstellungen identifizieren bzw. korrekt einschätzen können (u. a. Kleickmann, Steffensky et al. 2017; Pietzner, 2016, T. Wilhelm, 2008). Über welches anschlussfähige Wissen sie zum Umgang mit dergleichen verfügen wird seltener betrachtet, sodass hier nur eine sehr begrenzte Aussage über das tatsächliche Aufgrei-

fen der Lernerperspektive im Unterricht möglich ist. Es kommt hinzu, dass das Wissen über Schülervorstellungen zwar als Kernelement des PCK zu verstehen ist, in den meisten Untersuchungen aber z. T. sehr unterschiedlich operationalisiert wird (siehe 2.5) und darüber hinaus nur als eine von mehreren Facetten herausgegriffen wird (z. B. *Chemie*: Dollny, 2011; *Physik*: Kirschner, 2013; *Biologie*: Schmelzing, 2010). Daraus resultiert, dass oftmals nur eine zusammenfassende, sehr allgemein gehaltene Aussage über den PCK-Gesamtscore und weniger über die einzelnen Wissensfacetten getroffen werden kann. Es kann damit festgehalten werden, dass es gegenüber dem umfangreich untersuchten und dabei in seinen einzelnen Wissensfacetten sehr breit aufgestellten Konstrukt des PCK, nur wenige gesicherte Erkenntnisse für die spezifische Betrachtung CDW zu Schülervorstellungen gibt (z. B. Pietzner, 2016, Rohrbach, 2016; Uhren et al., 2013). Da die zahlreichen Publikationen (vgl. Bibliografie mit 8440 Arbeiten: Duit & Pfundt, 2009) zum Thema Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht einen enormen Stellenwert in der Didaktik der Naturwissenschaften zeigen, wird sich in den Untersuchungen dieser Arbeit alleinig der Wissensfacette „Wissen zu Schülervorstellungen“ gewidmet.

Im Unterschied zu vielen Arbeiten, die wie bereits erwähnt bei der Facette des Wissens *über* Schülervorstellungen lediglich inhaltliche Schülervorstellungen erfragen, subsummiert die hier vorliegende Studie unter der Facette des Wissens *zu* Schülervorstellungen weitere Aspekte zur Lernunterstützung. Gerade in Bezug auf das Wissen von Lehrkräften über die Lernerperspektive argumentieren Adamina et al. (2018b), dass neben der Fähigkeit, die verschiedenen Vorstellungen wahrzunehmen, analysieren und diagnostizieren zu können, auch die „adaptiven Fähigkeiten […] sowie die Lernunterstützung und -begleitung durch kognitive Aktivierung und inhaltliche Strukturierung entscheidend für den Einbezug der Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern in die Unterrichtsplanung und in den Unterricht [sind]“ (Adamina et al., 2018b, S. 12). Daher wird im nachfolgenden Kapitel ein umfassendes Arbeitsmodell für diese Studie vorgestellt, dass nicht nur das Faktenwissen über themenspezifische Schülervorstellungen (deklarativ) enthält, sondern auch jene Wissensbestände berücksichtigt, welche für den Umgang damit benötigt werden (prozedural). Die Integration von mehreren themenspezifischen Schülervorstellungen (z. B. Teilchenvorstellung, Aggregatzustände, Löslichkeitskonzept) sowie

Aspekten der kognitiven Aktivierung, inhaltlichen Strukturierung und konstruktiven Unterstützung in einem Arbeitsmodell wurde bisher noch nicht untersucht (Kapitel 5). Die Erforschung dieser Aspekte chemiedidaktischen Wissens stellt dabei ein wichtiges Desiderat dar, denn auf diese Weise lassen sich Aussagen zu einem breiteren Verständnis zum Umgang mit Schülervorstellungen treffen, die nicht auf einen Inhaltsbereich oder einen Aspekt zur Lernunterstützung beschränkt sind.

Die Operationalisierung des PCK betreffend lassen sich zunehmend mehr Studien finden, die in ihren Konzeptionen neben unterschiedlichen Wissensfacetten auch verschiedene Wissensarten aufführen (z. B. Kirschner, 2013; Kröger, 2019; Olszewski et al., 2009; Schmelzing, 2010; Tepner et al., 2012). Bei den in Kapitel 2.5 vorgestellten Modellen des PCK wurden zwar einzelne Wissensarten zum Zweck der Konstruktion von Testitems berücksichtigt, eine diesbezügliche empirische Strukturüberprüfung blieb in diesem Zusammenhang bislang allerdings aus.[20] Hier zeigt sich eine Forschungslücke. Es gilt wie Gramzow et al. (2013a) es nennen, die „innere Struktur“ des PCK noch eingehender zu erforschen.[21] Mit Blick auf die verschiedenen Wissensarten (2.4.2) hat sich eine Unterteilung in deklarative und prozedurale Wissensanteile durchgesetzt. König (2010) postuliert daher, „dass Kompetenzmodelle zum Lehrerwissen zumindest deklarative und prozedurale Wissensbestände zum Untersuchungsgegenstand machen sollten“ (König, 2010, S. 63). Speziell für die einzelne PCK-Facette zum Umgang mit Schülervorstellungen im Chemieunterricht wurde eine entsprechende zweidimensionale Struktur bisher empirisch noch nicht untersucht oder abgebildet.

In Anbetracht der verschiedenen Messverfahren zur Untersuchung des Wissens über Schülervorstellungen ergeben sich ebenfalls Schwierigkeiten in der Vergleichbarkeit der Befunde. So wurden bspw. bei Kleickmann und Steffensky et al. (2017), Pietzner (2016) sowie T. Wilhelm (2008) ein Fragebogen im reinen Multiple-Choice-Format eingesetzt, um Aufschluss über die Kenntnisse von Lehrkräften über themenspezifische Schülervorstellungen zu erhalten. Der bei Uhren (2014)

[20] Lediglich für das PPK von Chemie-, Physik- und Biologielehrkräften wurde eine Strukturprüfung unter Berücksichtigung der Wissensarten vorgenommen (Lenske et al., 2016, S. 238).

[21] Zur Untersuchung der inneren Struktur von fachdidaktischem Wissen beziehen Gramzow und Kollegen vorrangig verschiedene Inhaltsbereiche und Wissensfacetten in ihr Arbeitsmodell ein. In dieser Arbeit soll die innere Struktur von CDW, bezogen auf die verschiedenen Wissensarten (deklarativ, prozedural), betrachtet werden (Gramzow et al., 2013b).

gewählte multi-methodische Ansatz – bestehend aus Fragebogen-, Video- und Interviewuntersuchungen – ist zwar aufschlussreicher, schränkt dennoch die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse ein. Neben dem arbeits- und zeitintensiven Erhebungs- und Durchführungsaufwand, erschweren solch komplexe, multiplen Erfassungsmethoden die Ergebnisse replizieren zu können. Lange (2010) merkt des Weiteren an, dass es bei der Verwendung von multiplen Methoden auch nicht möglich ist „Summenscores oder Ähnliches zu bilden, mit deren Hilfe man unterschiedliche Gruppen vergleichen oder Fragen nach Zusammenhängen zu anderen Variablen wie der Schülerleistung beantworten kann“ (Lange, 2010, S. 89 f.). Daher besteht ein weiteres Desiderat in der Entwicklung von Testinstrumenten darin, die unterrichtsnahe Konstrukte wie das chemiedidaktische Wissen bei angehenden Lehrkräften valide und testökonomisch erfassen (König, 2015).

Eine weitere Herausforderung liegt darin, die verschiedenen Wissensarten mit einem Testverfahren zu untersuchen (Gramzow et al., 2013b; Neumann, 2015). König (2010) nimmt an, dass sich sowohl das theoretisch-formale (deklarative) als auch praktische (prozedurale) Wissen mit einem Paper-Pencil-Verfahren erheben lässt. Seifert et al. (2009) führen weiter an, dass sich insbesondere „Situational Judgement Tests“ (Seifert et al., 2009, S. 91) als Möglichkeit zur realitätsnahen und kontextbezogenen Erfassung von prozeduralem Wissen eignen. Auch Voss et al. (2015) schlagen zur Untersuchung des prozeduralen Wissens bspw. die Verwendung von „powerorientierte Testsituationen (z. B. Video- oder Vignettenaufgaben)“ (Voss et al., 2015, S. 193) vor. Der Rückgriff auf sogenannte Vignettentest hat den Vorteil, dass sie die alltäglichen Herausforderungen im Unterricht greifbar und authentisch einbeziehen (Darling-Hammond, 2006; Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018; Shavelson, 2013). Bei dem Großteil der Studien (u. a. Kleickmann, Steffensky et al. 2017; Pietzner, 2016; T. Wilhelm, 2008) zum Umgang von Lehrkräften mit Schülervorstellungen blieb eine Einbettung der Testaufgaben in eine Unterrichtssituation (Vignette) allerdings aus. Lediglich die Untersuchungen von Dollny (2011)[22], Uhren (2014) und eine darauf aufbauende Masterthesis von Stein (2016) bezogen innerhalb ihrer Aufgabenformate z. T. Informationen zum Kontext

[22] In der Studie von Dollny (2011) wurde PCK über mehrere Facetten abgedeckt. Neben dem Wissen über Schülervorstellungen wurden noch weitere PCK-Teilfacetten (z. B. Wissen über Experimente, Modelle/Konzepte) betrachtet.

des Unterrichts mit ein. Die Erhebung der Kernfacette des PCK mit einem vignettenbasierten Testinstrument stellt damit ein notwendiges Forschungsdesiderat dar.

Mit Blick auf die Stichproben, bei denen die entwickelten Messinstrumente eingesetzt wurden, lässt sich feststellen, dass diese vorrangig im Schuldienst stehende Lehrkräfte unterschiedlicher Bundesländer umfassen (z. B. *Nordrhein-Westfalen und Bayern*: Dollny, 2011; *Niedersachsen*: Pietzner, 2016; *Hessen und Nordrhein-Westfalen*: Uhren, 2017; *Bayern:* T. Wilhelm, 2008). Eine entsprechende Untersuchung des PCK zu Schülervorstellungen von angehenden Lehrkräften (Studierende, Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter) hat in Baden-Württemberg bislang noch nicht stattgefunden. Weiterhin ist anzumerken, dass sich in Bezug auf das Wissen über Schülervorstellungen bei den befragten Lehrkräften z. T. sehr große interindividuelle Unterschiede in den Testleistungen zeigten (u. a. Kleickmann, Steffensky et al. 2017; Lucero et al., 2017; Otero & Nathan, 2008; Sadler et al., 2013). Dies wirft einmal mehr die Frage nach Determinanten der professionellen Entwicklung auf. In Anbetracht der prädiktiven Kraft dieser zentralen Wissensfacette sind die Identifikation von Einflussfaktoren und damit die Aufklärung von Ursachen für die Leistungsunterschiede von größerer Bedeutung. In diesem Zusammenhang weisen Kleickmann und Steffensky et al. (2017) darauf hin, dass es „[w]eitgehend unklar ist, inwiefern das Wissen über Schülervorstellungen bereits im Rahmen formaler Lerngelegenheiten in der Ausbildung entsteht und welche Bedeutung der Unterrichtserfahrung als informelle Lerngelegenheit zukommt“ (Kleickmann, Steffensky et al., 2017, S. 291). Um mögliche Ursachen für die Unterschiede in den Testergebnissen zwischen den Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern zu finden, erweist es sich demnach als wichtig, die Lehrerbildung näher in den Blick zu nehmen. In Bezug auf Angebote während des Studiums konnte in mehreren Untersuchungen über verschiedene Domänen hinweg konstatiert werden, dass die wahrgenommenen Lerngelegenheiten als entscheidende Einflussfaktoren für den Professionalisierungsprozess angesehen werden können (u. a. Blömeke, Suhl et al., 2010; Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Kunter, Kleickmann et al., 2011; Riese & Reinhold, 2012). Demgegenüber stellt sich die Befundlage zur Bedeutung von Unterrichtserfahrungen für den Aufbau von PCK nach wie vor als uneinheitlich dar (u. a. Dollny, 2011; Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016; M. Schmidt, 2014).

In diesem Zusammenhang ist allerdings auf eine Unschärfe bezüglich der ausgewählten Prädiktoren hinzuweisen. So wird bspw. die Berufs- bzw. Unterrichtserfahrung in den meisten Studien lediglich über die Anzahl an Jahren im Schuldienst erfasst (Dollny, 2011; Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016; T. Wilhelm, 2008). Einen Grund, warum solch eine Operationalisierung keinen eindeutigen empirischen Nachweis für fachspezifische Unterrichtserfahrungen liefern kann, benennt M. Schmidt (2014): „Werden nur die Dienstjahre einer Lehrkraft erfragt, kann es sein, dass diese Dienstjahre nicht mit der Anzahl der Jahre im jeweiligen Fach übereinstimmen, weil es möglich ist, dass die Lehrkraft das Fach eine Zeitlang nicht unterrichtet hat.“ (M. Schmidt, S. 54). Es kann damit festgehalten werden, dass zum einen nicht abschließend geklärt ist, auf welche Weise auch informelle Lerngelegenheiten die Testleistung beeinflussen. Zum anderen steht eine detaillierte Betrachtung von beeinflussenden Faktoren aus, die über unspezifische Grobindikatoren hinausgehen. Die vorliegende Arbeit setzt an diesen Lücken an und untersucht, ob sich sowohl formelle, als auch informelle Merkmale als mögliche inkrementelle Prädiktoren des CDWs feststellen lassen. Dabei erfolgt die Auswahl von möglichen Einflussfaktoren differenzierter als bisher, indem spezifische fachdidaktische Lerngelegenheiten in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung beleuchtet werden. In diesem Zuge soll hinterfragt werden, ob und vor allem welche fachspezifischen Lerngelegenheiten bedeutsam für das CDW sind. Gerade die Identifikation von möglichen Einflussfaktoren während der ersten und zweiten Phase könnten zu einer verbesserten Studiengangsstruktur sowie der Lehrerbildung insgesamt beitragen (Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018). Neben Lerngelegenheiten werden zudem immer wieder bestimmte soziodemografische Merkmale im Sinne individueller Eingangsvoraussetzungen (z. B. Alter, Geschlecht, Abiturdurchschnittsnote) als Einflussfaktoren überprüft, um damit entsprechende Hinweise über Zusammenhänge mit dem PCK gewinnen zu können (Dollny, 2011; Kirschner, 2013; Riese, 2009). Daher erscheint es zur Aufklärung von Unterschieden in den Testleistungen als sinnvoll, solche Merkmale mitzukontrollieren.

Im Modell der professionellen Handlungskompetenz (vgl. Abbildung 2.1) werden neben kognitiven Kompetenzfacetten (Professionswissen) auch weitere Aspekte (z. B. motivationale Orientierungen, Überzeugungen und selbstregulative Fähigkeiten) dargestellt. Es wird dabei von einem Zusammenwirken der einzelnen Merkmale ausgegangen (Baumert & Kunter, 2011a; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017). Inwieweit das PCK mit den genannten weiteren Merkmalen, wie bspw. den Dimensionen des *Lehrerenthusiasmus* (*Unterrichts- bzw. Fachenthusiasmus*), tatsächlich zusammenhängt wurde bisher nur vereinzelt untersucht. Für das Fach Englisch liegen lediglich Befunde zum *Fachenthusiasmus* vor (Strauß, König & Nold, 2019), wohingegen für die Fächer Mathematik und Biologie die prädiktive Kraft sowohl des *Fach-* als auch *Unterrichtsenthusiasmus* betrachtet wurde (*Mathematik:* Gehrmann, 2019; Kunter, Frenzel et al., 2011; *Biologie:* Mahler, Großschedl & Harms, 2018). Für Mathematiklehrkräfte mit vergleichsweise hohem *Unterrichtsenthusiasmus* konnte beobachtet werden, dass deren Klassen „höhere Leistungen am Ende des Schuljahrs und mehr Zuwachs an mathematikbezogener Freude [zeigten]“ (Kunter, 2011, S. 267). Trotz des positiven Effekts auf die Leistung und Motivation der Lernenden, zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang des *Unterrichtsenthusiasmus* zum PCK der Mathematiklehrkräfte (Kunter, Klusmann et al. 2013). Strauß et al. (2019) stellten dagegen für das Fach Englisch einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem PCK und *Fachenthusiasmus* der Studierende des Gymnasiallehramts fest. Bei einer differenzierteren Betrachtung der Substichproben blieb ein Zusammenhang für die Referendarinnen und Referendare anderer Lehramtstypen in dieser Untersuchung hingegen ebenfalls aus. Die Ergebnisse aus der Studie von Mahler et al. (2018) zeigen, dass sich insbesondere der *subject-specific enthusiasm* der befragten Biologielehrkräfte positiv auf die Leistungsentwicklung der Lernenden auswirkt. Inwieweit der *Lehrerenthusiasmus* mit dem biologiedidaktischen Professionswissen zusammenhängt wurde in dieser Studie allerdings nicht untersucht. Da für das Fach Chemie bislang noch keine vergleichbaren Befunde vorliegen, erscheint eine entsprechende Aufklärung des Zusammenhangs zwischen dem CDW und der Begeisterung für das Fach, sowie generell zu Unterrichten als lohnenswert.

Um ein besseres Verständnis über das Verhältnis von kognitiven und weiteren Aspekten motivationaler Orientierungen zu erhalten, soll in dieser Studie auch der Zusammenhang zum Konstrukt der *Fehlerorientierung* betrachtet werden. Vor allem in den einzelnen Fachdomänen fand bislang noch keine Auseinandersetzung mit den Voraussetzungen und Einstellungen von Lehrkräften zu Fehlern beim Unterrichten statt. Umfangreichere Befunde stammen aus der Organisationskultur, in der das Lernen aus Fehlern eine besondere Lerngelegenheit offeriert, die innovative und kreative Entwicklungsmöglichkeiten bieten (Bauer, Festner, Harteis & Heid, 2004). Übertragen auf den Schulkontext wird angenommen, dass das Lernen aus Fehlern eine Chance bietet, um Situationen zu identifizieren, in denen (noch) „relevante Wissens- und Kompetenzlücken bestehen“ (Böhnke & Thiel, 2016, S. 57). Damit kann durch das Fehlermachen und das Lernen aus jenen Fehlern eine Lerngelegenheit entstehen, die eigene Unterrichtsexpertise weiterzuentwickeln. Da Schülervorstellungen oftmals aus fehler- und mangelhaftem Unterricht entstehen können, ist die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Dimensionen des CDWs und dem konstruktiven Umgang mit eigenen Fehlern von besonderem Interesse.

Im Angebots-Nutzungs-Modell (vgl. Abbildung 2.2) wird der angenommene Einfluss der professionellen Kompetenz über Merkmale des Unterrichtshandelns auf die Leistung und Motivation der Lernenden dargestellt. Studien der mathematisch-naturwissenschaftlichen Domänen konnten die prädiktive Kraft von PCK auf den Lernerfolg bestätigen (z. B. Baumert et al., 2011; Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Kunter, Klusmann et al., 2013). Um in dieser Abfolge auch die Bedeutung und Stellung der Unterrichtsqualitätsmerkmale zu kontrollieren, betrachten Studien den Zusammenhang jener Merkmale zum PCK (u. a. Kunter, Klusmann et al., 2013). Dabei werden das Ausmaß der kognitiven Aktivierung, konstruktiven Unterstützung sowie das Vorhandensein von Klassenführungsfähigkeiten näher in den Blick genommen. Für PCK-Tests der mathematischen Fachdisziplin konnten signifikante Zusammenhänge zu den Skalen „cognitive level of tasks“ (kognitive Aktivierung) sowie „learning support“ (konstruktive Unterstützung) nachgewiesen werden (Kunter, Klusmann et al., 2013). Für das dritte Unterrichtsqualitätsmerkmal *classroom management* (Klassenführung) war ein entsprechender Zusammenhang

hinfällig. Dieses Ergebnis bestätigen auch Kunter und Klusmann (2010): Mit zunehmender PCK-Testleistung der Lehrkräfte empfanden die Lernenden zwar einen höheren Grad an kognitiver Aktivierung und konstruktiver Unterstützung im Unterricht, allerdings galt dies nicht für die Klassenführung. Weitere Untersuchungen für das Fach Physik konnten ähnliche nicht signifikante (Cauet, 2016; Korneck et al., 2017) oder sogar negative signifikante Zusammenhänge (Vogelsang, 2014) zwischen PCK und der Klassenführung feststellen. Allerdings blieben in diesen Studien auch signifikante Zusammenhänge zur Dimension der kognitiven Aktivierung aus. Hingegen zeigen sich in Untersuchungen aus der Mathematik- und Biologiedomäne, dass das Ausmaß, in dem die Lernenden kognitiv aktiviert werden, mit dem PCK der befragten Lehrkraft korreliert (*Mathematik*: Baumert & Kunter, 2011b; Kunter, Klusmann et al., 2013; *Biologie*: Förtsch et al., 2016). Aufgrund der nicht eindeutigen Befunde zum Potenzial der kognitiven Aktivierung, die zudem auf eine Fachspezifität in den Ergebnissen hinweisen, bleibt offen ob die Ergebnisse auf die Fachdomäne Chemie übertragen werden können. Besonders eine Untersuchung zur kognitiven Aktivierung ist aus folgenden Gründen interessant: Zum einen hat sich diese Dimension zumindest als ein stabiler Prädiktor für die Leistung von Mathematiklernenden herausgestellt (z. B. Baumert et al., 2009). Zum anderen nimmt die Fähigkeit, kognitiv aktivierende Lernangebote gestalten zu können, gerade im Umgang mit Schülervorstellungen eine bedeutsame Rolle ein (Kapitel 3 und 5). Daher ist es zielführend zu untersuchen, inwiefern dieses Qualitätsmerkmal, gegenüber Klassenführungsfähigkeiten, in Beziehung zum CDW steht.

Zusammenfassung:

In vielen Untersuchungen des Professionswissens wird das Wissen über Schülervorstellungen zwar als eine von mehreren Facetten des PCK herausgegriffen, eine vertiefte Betrachtung dieses Kernelements kam demgegenüber aber nur selten vor. Aus genanntem Grund wird sich diese Arbeit alleinig der Untersuchung jener Facette widmen. Damit erhebt die Studie nicht den Anspruch PCK in all seinen Unterfacetten zu erheben, da dies angesichts der Fülle an Aspekten nur eine sehr oberflächliche Erfassung zur Folge hätte. Vielmehr soll eine intensive Auseinandersetzung anhand der im nächsten Kapitel vorgestellten themenspezifischen Bereiche für das fokussierte CDW zu Schülervorstellungen erfolgen (Kapitel 5). Die in der Konzeptualisierung dieser Arbeit vorgenommene Aufgliederung in deklarative und

prozedurale Wissensarten soll dabei zusätzlich zu einer differenzierten Untersuchung der inneren Struktur von PCK beitragen. Für diesen Zweck wird auf der Grundlage des Arbeitsmodells ein vignettenbasiertes Testinstrument entwickelt (Kapitel 7). Damit wird das Desiderat aufgegriffen, dass insbesondere bei den Untersuchungen zum Umgang mit Schülervorstellungen die Verwendung von Vignetten bisher einen weitgehend unerforschten Zugang darstellt. Gleichzeitig werden neben individuellen Eingangsvoraussetzungen auch Indikatoren für formelle und informelle Lerngelegenheiten einbezogen, um damit verschiedene Einflussfaktoren des CDWs zu ergründen und mögliche interindividuelle Unterschiede in den Testleistungen aufklären zu können. Zudem werden weitere konstruktnahe und konstruktferne Selbstberichtsdaten erfasst, sodass das Zusammenwirken des CDWs mit Unterrichtsqualitätsmerkmalen sowie weiteren Kompetenzaspekten näher untersucht werden kann.

5 Arbeitsmodell zu Aspekten des chemiedidaktischen Wissens

In diesem Kapitel wird das im Rahmen dieser Studie postulierte Arbeitsmodell vorgestellt, auf dessen Basis auch die an späterer Stelle beschriebene Testentwicklung beruht (Kapitel 7). Die Modellspezifikation erfolgt dabei in Anlehnung an die Konzeption des *pedagogical content knowledge* (PCK), welches bereits in Kapitel 2.4.2 ausführlicher erläutert wurde. Vor dem Hintergrund des oben formulierten Forschungsstandes zu PCK-Ansätzen (2.5) wird deutlich, dass die meisten dieser Ansätze das Wissen über Schülervorstellungen als zentrale Facette aufgreifen. In diesem Zusammenhang zeigen Untersuchungen, dass vor allem diese fachdidaktischen Kenntnisse relevant für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern sind (2.3). Eine spezifische Betrachtung und Aufnahme von Aspekten in einem Arbeitsmodell, die sich ausschließlich der Wissensfacette der Schülervorstellungen widmen, erscheint demnach sinnvoll. Im Folgenden wird PCK bezogen auf den Chemieunterricht, als das chemiedidaktische Wissen zu Schülervorstellungen verstanden (im Folgenden immer abgekürzt als: CDW).

Die Entscheidung zur Untersuchung dieser Komponente lässt sich zudem mit dem derzeitigen Forschungsstand und den Interessen der Chemiedidaktik mit ihren vier Schwerpunkten (Experimente, Umgang mit Modellen, Fachsprache und Schülervorstellungen) sehr gut begründen (M. Wilhelm, Rehm & Reinhardt, 2018). Auch die in den Standards der Lehrerbildung (KMK, 2008; 2019) aufgeführten fachbezogenen Kompetenzen, nennen Kenntnisse zum Aufbau von anschlussfähigem PCK, die im Einklang mit dem in dieser Arbeit untersuchten Konstrukt stehen. Dabei werden u. a. folgende inhaltliche Anforderungen genannt, die die Studienabsolventinnen und -absolventen während ihres Studiums erwerben sollten: Sie „kennen und nutzen Ergebnisse fachdidaktischer und lernpsychologischer Forschung über das Lernen in ihren Fächern [und] haben fundierte Kenntnisse über Merkmale von Schülerinnen und Schülern, die den Lernerfolg fördern oder hemmen können und darüber, wie daraus Lernumgebungen differenziert zu gestalten sind“ (KMK, 2008; 2019, S. 4).

Somit wird im Rahmen der deduktiven Konstruktspezifikation nicht nur auf (empirische) Erkenntnisse aus der Professionsforschung (Kapitel 2) und Empfehlungen der Standards für die Lehrerbildung Bezug genommen. Vielmehr fließen auch die in Kapitel 3 dargestellten lerntheoretischen Grundlagen und die diesem Thema zugrunde liegende fachdidaktische Literatur (u. a. Adamina et al., 2018a; Barke, 2006; Kleickmann, 2012; Labudde & Möller, 2012; Petermann et al., 2008; Schecker et al., 2018) in das Modell ein. So besteht die Möglichkeit, unter Berücksichtigung verschiedener (naturwissenschafts-)didaktischer Ansichten, die Rolle von Schülervorstellungen vertieft zu betrachten (vgl. Abbildung 5.1).

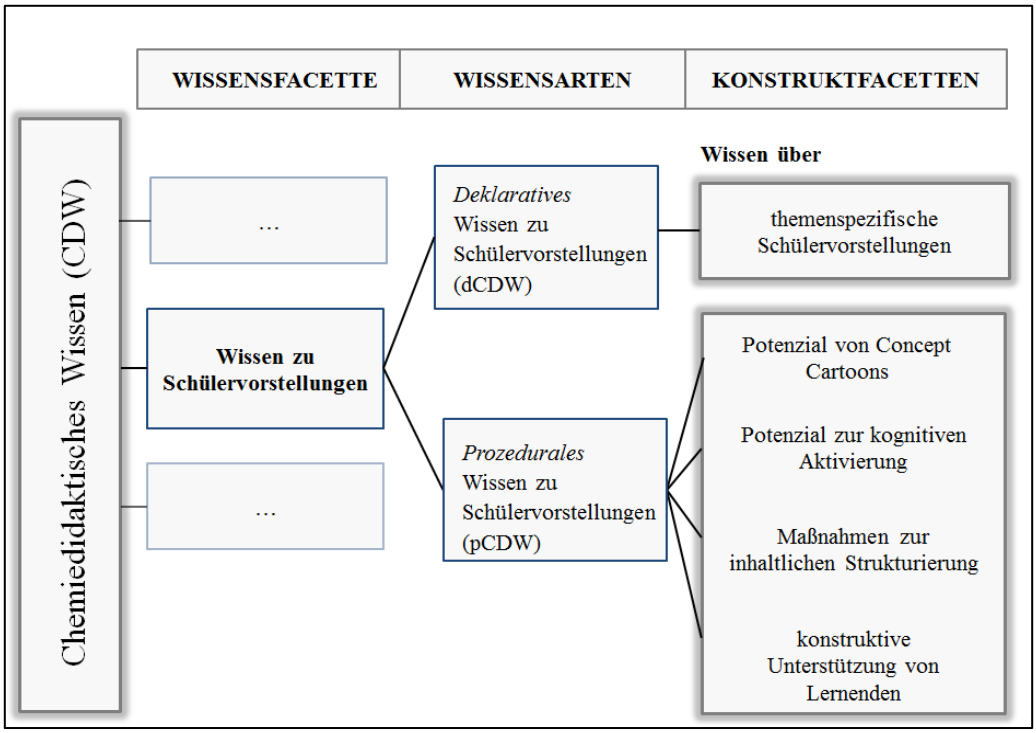


Abbildung 5.1. Arbeitsmodell des chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen.

Ausgehend von der Wissensfacette (Wissen zu Schülervorstellungen) – als ein Aspekt des CDWs – wird in Anlehnung an das COACTIV-Modell eine weitere Unterteilung in Wissensarten und Konstruktfacetten vorgenommen. Die Konzeptualisierung der Wissensarten erfolgt nach dem in Kapitel 2.3 aufgeführten Begriffspaar des deklarativen und prozeduralen Wissens. Dabei wurde sich insbesondere an der Einteilung von Baumert et al. (2002) orientiert (vgl. Tabelle 2.3). Diese beiden Komponenten werden ihrerseits in weitere Konstruktfacetten ausdifferenziert, welche eine Zusammenführung wesentlicher Aspekte des CDWs zum Umgang mit

Schülervorstellungen darstellen. Diese weitere Differenzierung dient der inhaltlichen Präzisierung des zu untersuchenden Zielkonstruktes. Aus der Abbildung 5.1 wird ersichtlich welche fünf theoretischen Konstruktfacetten den beiden Wissensarten des CDWs in dieser Arbeit zugeordnet werden. Das deklarative chemiedidaktische Wissen zu Schülervorstellungen (dCDW) umfasst dabei vor allem theoretisches Faktenwissen über inhaltsspezifische Schülervorstellungen. Das prozedurale chemiedidaktische Wissen zu Schülervorstellungen (pCDW) umfasst die Kenntnisse einer Lehrkraft[23], die zentral für den adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht sind. In dieser Studie wird dafür das Wissen um Unterrichtsmethoden, wie Concept Cartoons, sowie das Wissen zur Gestaltung von kognitiv aktivierenden, inhaltlich strukturierten und konstruktiv unterstützenden Lernarrangements als bedeutsam erachtet. Nach Lange (2010) soll die Gestaltung solcher Lerngelegenheiten „vor allem vor dem Hintergrund des Wissens über Schülervorstellungen geschehen, da diese die Interpretation von Repräsentation und Aktivitäten deutlich beeinflussen können“ (Lange, 2010, S. 115). Demnach wird in dieser Arbeit das deklarative Wissen als eine notwendige Voraussetzung für die Wissensaspekte gesehen, die dem prozeduralen Wissen zugeordnet sind. Bei der Nennung der Facetten zum prozeduralen CDW finden sich u. a. die in 2.2 angesprochenen Unterrichtsqualitätsmerkmale (Potenzial zur kognitiven Aktivierung, konstruktive Unterstützung, inhaltliche Strukturierung) wieder. Dabei werden ausschließlich diejenigen Basisdimensionen im Modell berücksichtigt, die in Zusammenhang zu dem hier fokussierten Wissensbereich „Schülervorstellungen“ stehen. M. Wilhelm und Kollegen (2018) bestärken diesen Entschluss, indem sie argumentieren, dass „eine klare inhaltliche Strukturierung des Unterrichts, verbunden mit einer gezielten kognitiven Aktivierung und einer entsprechend konstruktiven Unterstützung […] zum Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler führt und damit wirksam ist“ (M. Wilhelm et al., 2018, S. 9).

[23] Im Folgenden wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit jeweils von Lehrkräften gesprochen. Für die in dieser Studie adressierten Studierenden sowie Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter gelten die Aufzählungen selbstverständlich auch.

Im Folgenden werden die für das CDW ausgewählten Konstruktfacetten sowie der in dieser Arbeit zugrunde gelegte Inhaltsbereich weiter ausgeführt. Die Präzisierung ist notwendig, da die Auffassung der gewählten Facetten stark vom fachspezifischen inhaltlichen Kontext abhängt. Dabei unterliegen insbesondere die Qualitätsmerkmale einem domänenabhängigen Verständnis (Klieme & Rakoczy, 2008).

Inhaltsbereich

Die Definition eines fachspezifischen Arbeitsmodells kann nicht ohne Berücksichtigung konkreter Unterrichtsinhalte des Fachs erfolgen (Krauss, Neubrand et al., 2008, S. 227). Daher wurden für das Modell dieser Arbeit der Inhaltsbereich des chemischen Stoffbegriffs und seine Eigenschaften zugrunde gelegt. Studien zeigen, dass die Identifikation von Schülervorstellungen themenabhängig ist (Pietzner, 2016; T. Wilhelm, 2008). Werden Lehrkräfte gebeten, inhaltsbezogene Schülervorstellungen zu identifizieren, können dabei auftretende Schwierigkeiten laut Pietzner (2016) möglicherweise dadurch entstehen, dass „der durch die Vorstellung angesprochene Fachinhalt im Unterricht der Probanden gar nicht vermittelt [wird]“ (Pietzner, 2016, S. 117). Daraus könnte von den Lehrkräften fälschlicherweise geschlussfolgert werden, dass die zur Auswahl gestellten, inhaltlichen Vorstellungen bei den Lernenden gar nicht existieren. Um diese mögliche Fehlerquelle zu umgehen, wurde sich für den genannten Inhaltsbereich entschieden, da damit Themen abgedeckt sind, welche bereits zentral für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht sind und im Spiralcurriculum der weiterführenden Schulen immer wieder aufgegriffen werden (vgl. Bildungsplan: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016c).

Konstruktfacette „Wissen über themenspezifische Schülervorstellungen“

Die erste Konstruktfacette beinhaltet das Wissen über typische themenspezifische Schülervorstellungen. Diese Kenntnisse sind eine zentrale Voraussetzung dafür, um potenzielle Lernhürden im Unterricht zu erkennen und daran anknüpfend den Aufbau anschlussfähiger Vorstellungen zu gestalten (u. a. Barke, 2006; Krauss et al., 2011). Wie schon die Lehr-Landkarte in Kapitel 3 aufgezeigt hat, kommt der Lehrkraft im Umgang mit Schülervorstellungen eine zentrale Rolle zu. Daher sollte sie mit der Lernerperspektive vertraut sein, um diese bei der Planung und Durchfüh-

rung eines lernerorientierten Unterrichts aufgreifen zu können. In dieser Arbeit werden angesichts des gewählten Inhaltsbereichs ausschließlich diejenigen empirisch abgesicherten Vorstellungen berücksichtigt, die sich im Zusammenhang mit dem chemischen Stoffbegriff (z. B. Teilchenvorstellung, Stoffeigenschaften, Aggregatzustände und ihre Übergänge) zeigen. Ein Blick in die umfangreiche Zusammenstellung von Duit und Pfundt (Bibliographie mit aktualisierter Literatur von 1991 – 2009) zeigt, dass bei Lernenden eine große Anzahl von Vorstellungen zur gewählten Thematik präsent sind. So werden Lernervorstellungen, wie „beim Verdampfen von Wasser oder Auflösen von Salz verschwinden die beteiligten Stoffe und hören auf zu existieren“, innerhalb dieser Konstruktfacette aufgeführt (für einen Überblick: Collin & Flint, 2016). An dieser Stelle kann nicht auf alle in der Arbeit berücksichtigten inhaltlichen Vorstellungen von Lernenden eingegangen werden, weitere Beispiele können Kapitel 3 entnommen werden.

Konstruktfacette „Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons für den Umgang mit Schülervorstellungen“

Die zweite Facette des Wissens über das Potenzial von Concept Cartoons ist im Kontext dieser Arbeit auf das Diagnostizieren und Aufgreifen von Schülervorstellungen sowie Initiieren von Konzeptwechselprozessen ausgerichtet (3.2). Da der Begriff des „Potenzials“ zur Konstruktbeschreibung und auch im Folgenden öfters auftaucht, wird an dieser Stelle kurz erläutert, wie er im Zusammenhang dieser Arbeit zu verstehen ist. Die tatsächliche Nutzung einer von der Lehrperson gestalteten Unterrichtssituation oder Wahl einer Unterrichtsmethode hängt neben spezifischen Kontextbedingungen auch von der Bereitschaft der Lernenden ab, sich mit den Lernangeboten auseinanderzusetzen (Baumert & Kunter, 2011b; Neubrand, Jordan, Krauss, Blum & Löwen, 2011). Daher soll der Begriff „Potenzial“ zum Ausdruck bringen, dass es der Lehrkraft lediglich obliegt, durch ihren Unterricht Lernangebote zu schaffen, z. B. durch den Einsatz von Concept Cartoons. Ob diese dann auch tatsächlich von den Schülerinnen und Schülern genutzt und dadurch Lernprozesse initiiert werden können, liegt außerhalb des Einflussbereiches der Lehrkraft (vgl. auch Angebot-Nutzungs-Modell: Abbildung 2.2). Folgende Punkte wurden in Anlehnung an verschiedene Vorarbeiten (u. a. Chin & Teou, 2010; Kabapinar, 2005; Naylor & Keogh, 1999; Naylor & Keogh, 2013; Steininger & Lembens, 2011; Steininger, 2016; Stephenson & Warwick, 2002) ausgewählt, um daran das

Potenzial von Concept Cartoons im Umgang mit Schülervorstellungen in heterogenen Lerngruppen zu verdeutlichen. Bei der Auflistung wird sich allerdings auf exemplarische Stichpunkte beschränkt, nähere Ausführungen können dem Kapitel 3.2 oder den angegebenen Quellen entnommenen werden.

Der Einsatz von Concept Cartoons ermöglicht, dass …

- sich Lernende mit ihren eigenen Vorstellungen zum behandelten Thema auseinandersetzen können.
- Lernende angeregt werden, die eigenen Vorstellungen zu verbalisieren und in Diskussionen auszuhandeln und weiterzuentwickeln.
- durch die konträren Aussagen innerhalb der Sprechblasen bei Lernenden kognitive Konflikte ausgelöst werden können.
- sich Lehrkräfte u. a. in der Diskussionsphase einen Überblick über häufig vorhandene Vorstellungen der Klasse bzw. deren Lernstand verschaffen können.
- Lehrkräfte anhand der mündlichen und schriftlichen Begründungen der Lernenden die Ursachen für das Vorhandensein der Schülervorstellungen ermitteln können.
- Lehrkräfte durch die leere Denkblase und die Frage „Was denkst du?“ weitere, noch nicht diskutierte Schülervorstellungen entdecken können.
- Lehrkräfte durch die auf verschiedenen Leistungsniveaus präsentierten Vorstellungen Differenzierungsmöglichkeiten im Umgang mit Schülervorstellungen finden.

Konstruktfacette „Wissen über das Potenzial der kognitiven Aktivierung für den Umgang mit Schülervorstellungen“

Um eine Veränderung bzw. Weiterentwicklung von bestehenden Schülervorstellungen anregen zu können, ist die Bereitstellung von potenziell kognitiv aktivierenden Lernarrangements von besonderer Bedeutung (u. a. Kleickmann, 2012; Meschede, 2014). An dieser Stelle ist allerdings zu beachten, dass ein Angebot zur kognitiven Auseinandersetzung mit Unterrichtsinhalten nicht per se eine kognitive Aktivierung der Lernenden nach sich zieht (Fauth & Leuders, 2018; Kunter & Trautwein, 2013). A*ktivierung* meint in diesem Kontext nämlich nicht eine bestimmte Verhaltensaktivität der Lernenden, sondern bezieht sich vielmehr auf ihre

geistige Anteilnahme (Mühlhausen, 2015). Zur Beschreibung der dritten Konstruktfacette wird sich an dieser Auffassung orientiert sowie an weiteren Arbeiten angeknüpft, bei deren Verständnis von kognitiver Aktivierung die Rolle von Schülervorstellungen berücksichtigt wird (u. a. Adamina et al., 2018a; Kleickmann, 2012; Meschede, 2014; Meschede, Steffensky, Wolters & Möller, 2015; Möller, 2016; Steffensky & Neuhaus, 2018; Vehmeyer, 2009; Wolters, 2014). In Anlehnung an die aufgeführten Arbeiten sollte das fachdidaktische Wissensrepertoire von Chemielehrkräften folgende Aspekte umfassen, um potenziell kognitiv aktivierenden Lerngelegenheiten zu gestalten:

- Vorhandene Vorstellungen und Erfahrungen der Lernenden aus dem Unterricht und dem Alltag werden in die Unterrichtsvorbereitung/-planung einbezogen.
- Lernende erhalten Gelegenheit ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen und eigenen Erklärungsansätze im Blick auf Naturphänomene zu äußern und zu begründen.
- Schülervorstellungen und zugrunde liegende Denkprozesse zu Themen, Versuchen, Fragen oder Problemen des naturwissenschaftlichen Unterrichts werden berücksichtigt.
- Zum Auslösen von Konzeptwechsel- und Problemlöseprozessen werden kognitive Konflikte durch geistig herausfordernde Probleme und Fragen erzeugt.
- Der Austausch und das Aushandeln über die eigenen Vorstellungen werden unter den Lernenden angeregt.
- Der Aufbau angemessener, gut vernetzter und transferfähiger Vorstellungen wird bei den Lernenden durch die Anwendung der neu erworbenen Erklärungsansätze angebahnt.

Konstruktfacette „Wissen über Maßnahme zur inhaltlichen Strukturierung für den Umgang mit Schülervorstellungen“

Um einer Überforderung von weniger leistungsstarken Schülerinnen und Schülern vorzubeugen, erscheint es sinnvoll, kognitiv aktivierende Lernangebote durch inhaltlich strukturierende Maßnahmen in der Unterrichtsplanung wie -umsetzung zu ergänzen (Meschede et al., 2015). An dieser Stelle wird in Rückbezug auf vorangegangene Arbeiten (Drollinger-Vetter & Lipowsky, 2006; Hartinger & Hawelka,

2005; Rakoczy, Klieme, Lipowsky & Drollinger-Vetter, 2010) eine klare Abgrenzung zur organisatorischen Strukturierung vorgenommen, da diese weitgehend zu den Aspekten der Klassenführung gezählt werden kann. Ist die inhaltliche Strukturierung auf fachspezifische Inhalte ausgerichtet, können darunter in Anlehnung an Vorarbeiten (u. a. Adamina, Möller, Steffensky, Sunder & Wyssen, 2017; Kleickmann, 2012; Meschede, 2014; Meschede et al., 2015; Möller, 2016; Steffensky & Neuhaus, 2018) die unten stehenden Punkte aufgefasst werden. Die aufgeführten Kriterien für inhaltlich strukturierte Lernsettings sind im Kontext dieser Arbeit vor allem als instruktionale Maßnahmen zu verstehen, die Lernenden beim Aufbau fachlich angemessener Vorstellungen unterstützen sollen. Sie fokussieren sich darauf, Lerngelegenheiten so zu gestalten, dass sie für alle Lernenden zu bewältigen sind. Dadurch entstehen Lern- und Verständnisschwierigkeiten im besten Fall erst gar nicht. Zu den Maßnahmen der inhaltlichen Strukturierung die in diesem Sinne den Umgang mit Schülervorstellungen unterstützen, gehören in dieser Arbeit folgende Punkte:

- Das angestrebte fachliche Lern- und Stundenziel wird von der Lehrkraft geklärt, um Zielklarheit zu schaffen.
- Das Vorgehen zur Zielerreichung wird dabei transparent gemacht.
- Klare sachgemäße Formulierungen unterstützen die inhaltliche Klarheit von Aussagen seitens der Lernenden wie Lehrenden.
- Werden Ähnlichkeiten und Unterschiede in den Äußerungen der Lernenden ersichtlich, werden diese von der Lehrkraft herausgestellt.
- Im Zuge der Klärung, ob die Aussagen der Lernenden fachgerecht sind, werden insbesondere die Anteile mit fachlich angemessenen Erklärungsansätzen hervorgehoben.
- Sequenzierungen in der Darbietung des Lerninhaltes werden vorgenommen, um komplexe Inhalte und Probleme didaktisch zu reduzieren.
- Es werden mehrere Aussagen von Lernenden oder das bis dahin Gelernte durch die Lehrkraft oder durch ein Klassenmitglied zusammengefasst, um einen abschließenden Überblick zu einer Unterrichts-, Themen- oder Gesprächseinheit zu geben.

Konstruktfacette „Wissen zur konstruktiven Unterstützung für den Umgang mit Schülervorstellungen“

Bei der Gestaltung von kognitiv herausfordernden Lerngelegenheiten, in denen Lernende angeregt werden eigene Vorstellungen zu verändern bzw. weiterzuentwickeln, gilt es auf eine unterstützende Lernumgebung zu achten (Pintrich, Marx & Boyle, 1993). Dem Konzept der konstruktiven Unterstützung[24] liegt allerdings eine sehr breite inhaltliche Auffassung zugrunde. Neben *kognitiven* und *emotionalen* Komponenten (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Oser, Hascher & Spychiger, 1999; Oser & Spychiger, 2005; Türling, 2014), werden auch *strukturierende* Aspekte (u. a. Korneck et al., 2017) unter diesem Konstrukt zusammengefasst. Auf die dritte Komponente wird in dieser Konstruktfacette allerdings nicht näher eingegangen, da sie bereits unter dem „Wissen zur inhaltlichen Strukturierung“ subsumiert ist. Die folgenden Kriterien kognitiver, wie emotionaler konstruktiver Unterstützung orientieren sich u. a. an exemplarischen Leitsätzen, die bei Türling für den Umgang mit Fehlern zusammengefasst wurden (Türling, 2014, S. 41 – 42). Da Schülervorstellungen häufig als Fehlkonzepte oder Fehlverständnisse interpretiert werden, können die Annahmen von Tüling und weiteren Arbeiten (u. a. Baumert & Kunter, 2006; Dubberke et al., 2008; Helmke, 2014) auf die fünfte Konstruktfacette dieser Arbeit übertragen werden. Nachstehend sind die kognitiven und emotionalen Merkmale zusammengetragen, um im Sinne einer konstruktiven Unterstützung das Lernen aus und mit Vorstellungen ermöglichen und fördern zu können. Zu den *kognitiven* Anteilen konstruktiver Unterstützung für den Umgang mit Schülervorstellungen werden dabei folgende Gesichtspunkte gezählt:

- Lehrkräfte sind ansprechbar, wenn Schwierigkeiten mit Lerninhalten auftreten.
- Lehrkräfte geben den Lernenden die Möglichkeit mit Bezug auf ihren alltäglichen Erfahrungshintergrund ihre individuellen Erklärungsansäte zu überprüfen.

[24] Oftmals finden sich in der Literatur unterschiedliche Bezeichnungen. Helm (2016) oder Klieme, Pauli und Reusser (2009) sprechen bspw. von *sozialer Unterstützung*. Bei Helmke (2014) findet sich der Ausdruck S*chülerorientierung*, Gabriel (2014) verwendet den Begriff des *positiven Unterrichtsklimas*. Oser et al. (1999) und Türling (2014) sprechen von einer (*konstruktiven) Fehlerkultur*. Die Beschreibung der jeweiligen Konstrukte zeigt allerdings, dass diesen nahezu die gleichen Annahmen zugrunde liegen. In Anlehnung an die COACTIV-Studie wird in dieser Arbeit der Begriff der konstruktiven Unterstützung beibehalten.

- Lehrkräfte versetzen sich in die Denkprozesse der Lernenden und stellen daran anschließend individualisierte Lerngelegenheiten zur Verfügung.
- Lehrkräfte unterstützen die Lernenden dabei, die Ursache(n) für ihre vorhandenen Vorstellungen zu reflektieren.
- Lehrkräfte geben bei Verständnisschwierigkeiten eine an die Vorstellungen der Lernenden anknüpfende Hilfestellung bzw. Erklärung.
- Lehrkräfte stellen Übungsmöglichkeiten zur Festigung der neu erarbeiteten Konzepte bereit, ohne dass damit eine Leistungsüberprüfung verbunden ist.

Die *emotionalen* Aspekte der konstruktiven Unterstützung fokussieren sich hingegen vor allem auf eine wertschätzende Beziehung zwischen den Lernenden und der Lehrkraft. In Anlehnung an andere Arbeiten (u. a. Cornelius-White, 2007; Davis, 2003; Helmke, 2014; Kunter & Voss, 2011; Oser & Spychiger, 2005; Türling, 2014) werden die weiteren Punkte auch darunter aufgefasst:

- Lehrkräfte geben den Lernenden das Gefühl, dass sie und ihre individuellen Erklärungsansätze und damit eventuell verbundenen Schwierigkeiten ernst genommen werden.
- Lehrkräfte wertschätzen den einzelnen Lernenden, unabhängig von seiner Leistung oder mitgebrachten Vorstellung, als autonomes Individuum.
- Lehrkräfte gehen als Vorbilder rücksichtsvoll mit Lern- und Verständnisschwierigkeiten der Lernenden, sowie mit eigenen Fehlern im Unterricht um.
- Lehrkräfte sind geduldig, wenn im Unterricht auch mehrmals eine aus fachlicher Sicht unangemessene Schülervorstellung geäußert wird.
- Lehrkräfte sprechen in einer empathischen Art und Weise Verständnisschwierigkeiten und Vorstellungen der Lernenden an, ohne dass sich diese dadurch bloßgestellt fühlen.
- Lehrkräfte korrigieren nicht sofort jede Schülervorstellung, die nicht der fachwissenschaftlich gültigen Erklärung entspricht.
- Lehrkräfte achten darauf, dass auf vermeintlich „fehlerhafte“ geäußerte Vorstellungen keine wertenden Reaktionen der Mitschülerinnen und -schüler folgen.

Auch wenn in den einzelnen Konstruktbeschreibungen inhaltliche Überschneidungen festzustellen sind, wurde die Unterteilung in die aufgeführten Konstruktfacetten beibehalten, da „bereits aus verschiedenen Fächern sowohl fachspezifische Ausformulierungen als auch empirische Belege für die Wirksamkeit dieser Merkmaldimensionen vorliegen“ (Möller, 2016, S. 51; vgl. hierzu auch den Übersichtsartikel von Praetorius et al., 2018).

Abschließend werden die wichtigsten Punkte zu den vorangestellten theoretischen Überlegungen, auf denen die Untersuchung des CDWs basiert, zusammengefasst.

Zusammenfassung:

Zentrale Aufgabe von Lehrkräften ist es, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu diagnostizieren und im weiteren Unterricht daran anzuknüpfen (vgl. auch Kapitel 3). Grundlage dafür, stellt das Wissen von Lehrkräften über bestehende Vorstellungen der Lernenden zu verschiedenen Unterrichtsthemen dar (Facette 1). Neben dem deklarativen Wissen, als Wissen über fachliche Konzepte, werden in dieser Arbeit auch prozedurale Wissensaspekte für den Umgang mit Schülervorstellungen berücksichtigt. Zunächst ist es wichtig, dass sich die Lernenden durch den Einsatz geeigneter Methoden, wie Concept Cartoons (Facette 2), ihren individuellen Vorstellungen bewusst werden können. Wenn daran anschließend kognitiv aktivierende Lernangebote (Facette 3) zur Verfügung stehen, können vorhandene Vorstellungen infrage gestellt und im Sinne eines „conceptual growth“ weiterentwickelt werden. Damit die kognitiv aktivierende Auseinandersetzung mit den eigenen Vorstellungen möglich wird, bedarf es allerdings einer effizient strukturierten (Facette 4) und konstruktiv unterstützenden Lernumgebung (Facette 5).

6 Ableitung der Forschungsanliegen und Hypothesen

Die vorausgegangenen Kapitel haben die Bedeutung und den Forschungsbedarf zur Untersuchung des deklarativen wie prozeduralen CDWs zu Schülervorstellungen von angehenden Lehrkräften aufgezeigt. Um eine möglichst praxisorientierte Erfassung von professionellen Wissensinhalten ermöglichen zu können, ist ein standardisiertes, reliables wie valides Messinstrument notwendig (König, 2015). Ein entsprechendes Instrument, das sich ausschließlich auf die chemiedidaktische Wissensfacette zu Schülervorstellungen fokussiert, liegt bislang noch nicht vor. Daher ist das übergeordnete Ziel dieser Arbeit die Entwicklung und Validierung eines solchen Testinstruments (Forschungsanliegen 1). Das für die Testentwicklung konzipierte Arbeitsmodell berücksichtigt dabei deklarative und prozedurale Wissensanteile, für deren Erfassung sich bspw. Vignettenaufgaben anbieten. Eine an den Wissensarten orientierte empirische Strukturüberprüfung stellt hierbei eine Ergänzung zu bereits bestehenden Modellen und Testverfahren des PCK dar. Neben den Fragen nach der Testgüte und -struktur (6.1) liegen der Arbeit noch weitere Fragestellungen zugrunde, die über die bisherige Diskussion und Forschung hinausweisen. So werden im zweiten Forschungsanliegen Fragen aufgeworfen, die den Zusammenhang von CDW zu weiteren professionellen Kompetenzaspekten aufklären sollen (6.2). Zusätzlich soll untersucht werden, ob unter der Kontrolle von individuellen Eingangsvoraussetzungen, formelle und informelle Lerngelegenheiten das CDW beeinflussen (6.3). Auf Basis der theoretischen Ausführungen (Kapitel 2 und 3) und vorgestellten Desiderate (Kapitel 4) werden drei übergeordnete Forschungsanliegen abgeleitet. Die dazugehörigen Forschungsfragen und Hypothesen werden in den folgenden Kapiteln dargelegt.

6.1 Forschungsanliegen 1: Entwicklung und Validierung des Testverfahrens

Zentrales Ziel der Arbeit ist es, deklaratives wie prozedurales CDW im Bereich der Schülervorstellungen von angehenden Lehrkräften zu untersuchen und hierfür entsprechende valide Testaufgaben zu entwickeln. Damit bezieht sich das erste Forschungsanliegen auf die Konstruktion und Validierung eines vignettengestützten Testinstruments (Vignettentest). Auf der Basis bestehender Kompetenzmodelle und Forschungsarbeiten zum PCK über Schülervorstellungen (2.4.1) sowie den Ausführungen in Kapitel 3 zum Umgang mit Schülervorstellungen wurde ein Arbeitsmodell aus den zusammengefassten theoretischen wie empirischen Erkenntnissen abgeleitet (Kapitel 5). Bei der Modellierung wurde zwischen deklarativem und prozeduralem CDW unterschieden. Dementsprechend zieht diese Unterscheidung sowohl Implikationen für die Itemgenerierung als auch für die Formulierung einzelner Forschungsanliegen nach sich. Da basierend auf dem theoretischen Modell die Vignettenentwicklung erfolgte, wird zunächst das Vorgehen für die Entwicklung und Auswertung der Testaufgaben (Kapitel 7) beschrieben. Um das entwickelte Testinstrument auf seine Güte hin zu überprüfen, werden neben zentralen psychometrischen Eigenschaften (Itemschwierigkeit, Trennschärfe, interne Konsistenz) vor allem die Validität des Vignettentests in den Blick genommen. Die in Kapitel 7 aufgeführten Schritte zur Testentwicklung und -auswertung stellen hierbei die wichtigsten Bestandteile zum Nachweis von Inhaltsvalidität dar. Daneben werden noch weitere Validitätsaspekte[25] herangezogen und untersucht, um möglichst viele Hinweise auf die Validität des Testverfahrens zu erhalten. Die in diesem Zusammenhang formulierten Forschungsfragen werden im Folgenden für jeden Validitätsaspekt gesondert vorgestellt. Die dabei formulierten Hypothesen beziehen sich zum einen auf die postulierte Struktur (6.1.1) und zum anderen auf die Skalen zur kognitiven Aktivierung und Klassenführung (6.1.2).

[25] Eine kurze Erläuterung der verschiedenen Validitätsaspekte folgt in Kapitel 7.

6.1.1 Faktorielle Validität

Die erste Forschungsfrage widmet sich der Überprüfung der faktoriellen Validität des Testverfahrens, da bislang wenig über die (innere) Struktur des CDWs bei angehenden Lehrkräften bekannt ist. In diesem Zusammenhang wird die theoretisch postulierte Struktur des CDWs auf ihre empirische Bewährung hin konfirmatorisch überprüft und folgender Frage nachgegangen:

Forschungsfrage 1: Lässt sich die theoretisch angenommene zweidimensionale Struktur chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen mit einem Vignettentest empirisch abbilden?

Wie in Kapitel 2.3 vorgestellt, kann das Professionswissen nicht nur im Hinblick auf verschiedene Wissensdomänen (PPK, PCK, CK) oder -facetten (z. B. Wissen über Schülervorstellungen) betrachtet werden. Es kann auch bezüglich der zugrunde liegenden Wissensarten differenziert werden, wobei die meisten Studien eine Unterteilung in deklarative und prozedurale Wissensanteile annehmen (vgl. auch 2.3.1 und 2.4.1). In Anknüpfung daran wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass das CDW zu Schülervorstellungen sowohl deklarative wie prozedurale Wissenskomponenten umfasst und sich eine entsprechende Struktur in den Daten zeigt. Beide Dimensionen bilden die Wissensfacette zu Schülervorstellungen ab, die als eine zentrale Komponente des PCK in den Naturwissenschaften zu verstehen ist.

Hypothese 1: Für den Vignettentest wird eine zweidimensionale Struktur chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen erwartet.

6.1.2 Konvergente und diskriminante Validität

Neben der inhaltlichen und faktoriellen Validität werden überdies Teilaspekte der Konstruktvalidität des Testinstruments geprüft. Ein Hinweis auf die Konstruktvalidität liefert die Kontrolle von Zusammenhängen zwischen den eigenen und den projektübergreifenden, etablierten Messinstrumenten. In dieser Arbeit werden dafür konstruktnahe (konvergente) und konstruktferne (diskriminante) Selbsteinschätzungsskalen herangezogen. Aufgrund der inhaltlichen Ausrichtung dieser Studie bieten sich hierbei bspw. Determinanten aus der Unterrichtsqualitätsforschung,

wie Skalen zur kognitiven Aktivierung und Klassenführung, an. Wie im Arbeitsmodell beschrieben, sind in die Facetten des prozeduralen CDWs auch Unterrichtsqualitätsmerkmale, wie die kognitive Aktivierung, eingeflossen (Kapitel 5). Für diese Arbeit liegt es daher nahe, als konstruktnahes (konvergentes) Kriterium eine Skala zur kognitiven Aktivierung (vgl. Kunter et al., 2016, S. 126) einzusetzen. Das weitere benannte Merkmal der Klassenführung wurde bewusst nicht in das chemiedidaktische Arbeitsmodell aufgenommen. Klassenführungsfähigkeiten werden als fachunabhängiges, pädagogisch-psychologisches und nicht als fachdidaktisches Merkmal von Unterrichtsqualität ausgewiesen. Zur Überprüfung der diskriminanten Validität wird daher als konstruktfernes Kriterium auf eine Skala zu Klassenführungsfähigkeiten (Skalentitel: *Keine Unterrichtsstörungen*, vgl. Kunter et al., 2016, S. 128) zurückgegriffen. Im Zusammenhang der konvergenten und diskriminanten Validierung rückt damit folgende Forschungsfrage[26] in den Fokus:

Forschungsfrage 2: Welche Zusammenhänge zeigen sich zwischen den Dimensionen des deklarativen und prozeduralen chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen und den Skalen der kognitiven Aktivierung bzw. der Klassenführung?

Trotz der in Kapitel 6 diskutierten uneinheitlichen Ergebnisse bezüglich des Zusammenhangs von fachdidaktischen Wissensaspekten anderer Domänen (Physik, Mathematik) und dem Unterrichtsqualitätsmerkmal der kognitiven Aktivierung, wird auf Basis der theoretischen Überlegungen dieser Studie und den positiven Befunden der Mathematik ein empirischer Zusammenhang zum CDW angenommen. Positive Zusammenhänge sollten sich hierbei aus folgenden Gründen zu beiden Dimensionen des CDWs zeigen. Das deklarative CDW umfasst Kenntnisse zu typischen Schülervorstellungen, welche grundlegend vorhanden sein sollten, um die Lernerperspektive in kognitiv aktivierenden Lernangeboten aufgreifen zu können (Möller, 2016). Dies würde im Sinne der konvergenten Validierung als Hinweis dafür stehen, dass sie etwas Vergleichbares messen und damit das Konstrukt untermauern.

[26] Bei der Formulierung dieser und noch folgender Forschungsfragen sowie der dazugehörigen Hypothesen werden jeweils die angenommenen Zusammenhänge für die postulierte deklarative und prozedurale Wissensdimension des Vignettentests differenziert betrachtet.

Des Weiteren werden in der Dimension des prozeduralen CDWs Aspekte der kognitiven Aktivierung berücksichtigt. Demzufolge sollten die Zusammenhänge zur Dimension des prozeduralen CDWs auch etwas höher ausfallen.

Hypothese 2a: Die Skala zur kognitiven Aktivierung zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen dem deklarativen und prozeduralen chemiedidaktischen Wissen zu Schülervorstellungen (konvergent). Dabei wird angenommen, dass sich ein höherer Zusammenhang zur prozeduralen Wissensdimension zeigt.

Bezüglich der Skala zu Klassenführungsfähigkeiten wird dieser Zusammenhang nicht erwartet. Wie bereits erwähnt, wurden Aspekte des PPK, wie die Klassenführung, bewusst nicht im Modell zum CDW berücksichtigt. Demzufolge sollten sich die Dimensionen des CDWs von dem Konstrukt der Klassenführung unterscheiden. Es kann hierbei also von einer geringen bzw. negativen Korrelation ausgegangen werden. Ferner kann diese Annahme durch bisherige Befunde untermauert werden, in denen sich zwischen dem PCK und der Dimension der Klassenführung keine positiven Zusammenhänge zeigten (*Mathematik*: Baumert & Kunter, 2011; *Physik*: Korneck et al. 2017; Vogelsang, 2014). Baumert und Kunter (2011b) interpretieren dieses Ergebnis als diskriminanten Validitätshinweis für das PCK (Baumert & Kunter, 2011b, S. 182). Demnach würden vergleichbare Zusammenhänge zum CDW die Validität des entwickelten Tests stützen.

Hypothese 2b: Die Skala zur Klassenführungsfähigkeit (Keine Unterrichtsstörungen) zeigt einen negativen Zusammenhang zwischen dem deklarativen und prozeduralen chemiedidaktischen Wissen zu Schülervorstellungen (diskriminant).

6.2 Forschungsanliegen 2: Zusammenhänge des CDWs zu Aspekten motivationaler Orientierungen

Das zweite Forschungsanliegen widmet sich der Untersuchung von Zusammenhängen zum CDW in einem breiteren Kontext der professionellen Kompetenz. Ausgehend vom Modell der professionellen Handlungskompetenz (vgl. Abbildung 2.1) sind hierbei vor allem die Zusammenhänge zu Aspekten motivationaler Orientierungen von Interesse.

In den Untersuchungen dieser Arbeit werden hierfür der *Lehrerenthusiasmus* (*Hypothese 3*) und die *Fehlerorientierung* (*Hypothese 4*) einer Lehrkraft in den Blick genommen. Um mögliche Zusammenhänge zu den Dimensionen des CDWs (explorativ) überprüfen zu können, werden daher neben dem Vignettentest zum CDW zusätzlich auch bewährte Skalen zum *Lehrerenthusiasmus* und Umgang mit Fehlern im eigenen Unterricht eingesetzt. Hinsichtlich des *Lehrerenthusiasmus* wird sich auf die zwei Dimensionen *Fach*- und *Unterrichtsenthusiasmus* fokussiert. Insbesondere für den *Unterrichtsenthusiasmus* zeigten sich in Form von Leistungs- und Motivationszuwächsen positive Auswirkungen bei den Lernenden (Kunter, 2011). Daher ist es zielführend, den *Lehrerenthusiasmus* auch über die Domänen der Mathematik (Kunter, Klusmann et al., 2013) und Fremdsprachen (Englisch: Strauß et al., 2019) hinweg näher zu betrachten. Da für das Fach Chemie kaum Befunde zum *Lehrerenthusiasmus* und vor allem nicht zur *Fehlerorientierung* vorliegen, weisen die formulierten Forschungsanliegen einen verstärkt explorativen Charakter auf. Durch Beantwortung der folgenden Forschungsfragen sollen erste Hinweise dafür gewonnen werden, inwieweit verschiedene Aspekte der Professionalisierungskompetenz von angehenden Chemielehrkräften miteinander vernetzt sind. Zudem können diese Ergebnisse im Sinne einer konvergenten Validität zu einer zusätzlichen Validierung des Vignettentests beitragen.

6.2.1 Untersuchungen von korrelativen Zusammenhängen zum *Lehrerenthusiasmus*

Forschungsfrage 3 (explorativ): Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Dimensionen des Lehrerenthusiasmus (Fach-/Unterrichtsenthusiasmus) und dem prozeduralen chemiedidaktischen Wissen zu Schülervorstellungen?

Bislang wurde nur in wenigen Studien der Zusammenhang zwischen dem PCK und *Lehrerenthusiasmus* thematisiert. Speziell der Enthusiasmus für das Unterrichten, der gegenüber dem *Fachenthusiasmus* entscheidend für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern ist, wurde dabei vorrangig für die Domäne der Mathematik untersucht (Kunter, 2011). Hierbei zeigten sich allerdings keine signifikanten Zusammenhänge zum untersuchten mathematikdidaktischen Wissen (Kunter, Klusmann et al., 2013). Für den *Fachenthusiasmus* konnte zumindest für das Fach Englisch ein positiver Zusammenhang zum PCK festgestellt werden (Strauß et al.,

2019). Inwieweit diese Befunde auch für das Fach Chemie gelten kann nicht abschließend beantwortet werden, da hierzu noch keine vergleichbaren Befunde vorliegen. Es stellt sich demnach die Frage, ob und in welchem Ausmaß die Begeisterung einer Lehrkraft zu unterrichten mit ihrem CDW zusammenhängt. In der hier vorliegenden Forschungsarbeit wird angenommen, dass es vor allem zum Ende des Studiums und im Laufe des Vorbereitungsdienstes mit einer steigenden Anzahl von praktischen Lerngelegenheiten auch zu einer stärkeren Vernetzung einzelner Kompetenzbereiche kommt. Daher wird (explorativ) ein positiver Zusammenhang zwischen dem *Fach*- und *Unterrichtsenthusiasmus* und der Dimension des prozeduralen CDWs postuliert, da diese insbesondere auf das Handeln im Unterricht ausgerichtet ist. Für das deklarative CDW wird kein entsprechender Zusammenhang erwartet, da sich diese Dimension lediglich auf das theoretisch-formale Wissen zu Schülervorstellungen bezieht.

Hypothese 3 (explorativ): Angehende Chemielehrkräfte, die eine größere Begeisterung für das Fach Chemie zeigen (Fachenthusiasmus), sowie dieses zu unterrichten (Unterrichtsenthusiasmus), weisen auch ein ausgeprägteres, prozedurales chemiedidaktisches Wissen auf.

6.2.2 Untersuchung von korrelativen Zusammenhängen zum Umgang mit eigenen Fehlern im Unterricht

Forschungsfrage 4 (explorativ): Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Umgang mit eigenen Fehlern (Fehlerorientierung) von angehenden Lehrkräften und den Dimensionen des chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen?

Im Gegensatz zum produktiven Umgang mit Fehlern von Schülerinnen und Schülern (für einen Überblick: Türling, 2014, S. 50-53), ist weitaus weniger bekannt, wie (angehende) Lehrkräfte zu eigenen Fehlern im Unterricht stehen und damit umgehen. Vor allem die einzelnen Fachdomänen befassten sich bislang kaum damit, welche Fehlerkultur Lehrkräfte im Umgang mit eigenen Fehlern im Unterricht (kurz: *Fehlerorientierung*) pflegen. Weiterhin ist unklar, ob die Einstellung zu und der konstruktive Umgang mit Fehlersituationen von (angehenden) Lehrkräften in Verbindung zu ihrem PCK steht. Um (mögliche) Zusammenhänge zu den Dimensionen des CDWs aufklären zu können, wird das multidimensionale Konstrukt der *Fehlerorientierung* herangezogen (Böhnke & Thiel, 2016). Vor dem Hintergrund,

dass Schülervorstellungen oftmals aus einem fehlerhaften Unterricht entstehen können, wird entsprechend ein positiver Zusammenhang zwischen dem Wissen bzw. Umgang mit Schülervorstellungen (CDW) und dem konstruktiven Umgang mit Fehlern seitens der Lehrkraft erwartet. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse der COACTIV-Studie gestützt, die zeigt, dass eine stärkere Ausprägung des PCK mit einem höheren Grad an konstruktiver Unterstützung, deren stärkster Indikator der Umgang mit Fehlern ist, einhergeht (Kunter & Voss, 2011, S. 93). Wird zudem das Arbeitsmodell des CDWs (Kapitel 5) betrachtet, das die Facette der konstruktiven Unterstützung im Sinne einer positive Fehlerkultur umfasst, scheint es gerechtfertigt, eine Verbindung zwischen dem CDW und der *Fehlerorientierung* anzunehmen. Durch die (explorative) Untersuchung der vierten Forschungsfrage sollen erste Hinweise dafür gewonnen werden, ob und wenn ja welche Faktoren der *Fehlerorientierung* einen Zusammenhang zu den Dimensionen des CDWs aufweisen.

Hypothese 4 (explorativ): Die Dimensionen des chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen weisen einen positiven Zusammenhang zur Fehlerorientierung von angehenden Lehrkräften auf.

6.3 Forschungsanliegen 3: Identifizierung von Einflussfaktoren auf das CDW

Die Annahme, dass das PCK über Schülervorstellungen prädiktiv für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern ist, konnte in mehreren Studien verschiedener Domänen bestätigt werden (z. B. *Sachunterricht*: Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Lange et al., 2012; *Mathe*: Kunter, Klusmann et al., 2013; *Physik*: Sadler et al., 2013). Gleichzeitig wurden in diesen Untersuchungen z. T. große Unterschiede zwischen den Testergebnissen der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer festgestellt (u. a. Kleickmann, Steffensky et al. 2017; Sadler et al., 2013). Folgerichtig stellt sich die Frage, wodurch sich das unterschiedliche Abschneiden erklären lässt. Als mögliche Ursachen für die Wissensunterschiede wurden bislang allerdings nur unspezifische Prädiktoren (z. B. Anzahl der Dienstjahre) untersucht (u. a. Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016). Darüber hinaus sind

noch eine Vielzahl anderer potenzieller Gründe für die Unterschiedlichkeit denkbar. Das dritte Forschungsanliegen zielt daher auf eine empirische Überprüfung von Einflussfaktoren ab, von denen anzunehmen ist, dass sie in einem Zusammenhang zur Expertise von (angehenden) Lehrkräften stehen und somit die Ausprägung des CDWs beeinflussen (*Hypothese 5*). Faktoren die hierfür in Frage kommen und in dieser Arbeit aufgriffen werden, umfassen dabei Personenmerkmale der Lehrkraft sowie Lerngelegenheiten der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung. Nachweislich haben neben allgemeinen Hinter-grund- und Eingangsmerkmalen (z. B. *Abiturdurchschnittsnote, Geschlecht*: Blömeke, Bremerich-Vos et al. 2013; Riese, 2010; *Alter*[27]: Kirschner, 2013), vor allem auch Lerngelegenheiten während des Studiums einen bedeutsamen Einfluss auf das Professionswissen (u. a. Blömeke, Suhl et al., 2010; Kleickmann et al., 2013; Kirschner, 2013; spezifisch für PCK über Schülervorstellungen: Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016). Zur Aufklärung von Einflussfaktoren und Unterschieden in der Testleistung stellt sich daher die Frage:

Forschungsfrage 5: Können Einflussfaktoren, wie formelle und informelle Lerngelegenheiten, unter Kontrolle von Eingangsvorsetzungen, zur Aufklärung von Unterschieden in der Testleistung zu den Dimensionen des chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen beitragen?

Zur Beantwortung der fünften Forschungsfrage werden erlebte Lerngelegenheiten differenziert für die erste und zweite Phase der Lehrerbildung erhoben und dabei Themenschwerpunkte zur Auswahl (z. B. Veranstaltungsinhalte zu Concept Cartoons) gestellt, die eine Nähe zu den Inhalten des CDWs-Tests aufweisen. In diesem Zuge wird untersucht, ob (1) informelle Lerngelegenheiten[28] und (2) formelle Lerngelegenheiten[29] einen Einfluss auf die Ausprägung des deklarativen und prozeduralen CDWs von angehenden Lehrkräften haben. In dieser Arbeit werden als indivi-

[27] Obwohl für den Einfluss des Alters von (angehenden) Lehrkräften bislang weniger Befunde vorliegen, wird es in dieser Studie als zusätzliches Eingangsmerkmal mit aufgenommen.

[28] Hier operationalisiert als der Umfang an behandelten chemiedidaktischen Themen zu Schülervorstellungen innerhalb fachdidaktischer Veranstaltungen an der Hochschule und am Staatlichen Seminar.

[29] Hier operationalisiert über die Anzahl an unterrichteten Gesamtstunden pro Woche während des Vorbereitungsdienstes.

duelle Eingangsvoraussetzungen soziodemografische Angaben zum Alter, Geschlecht und Abiturdurchschnitt erfragt und als Kontrollvariablen hinzugezogen. Es wurden diese Faktoren ausgewählt, da angenommen werden kann, dass der Aufbau von PCK sowohl durch das im Studium erworbene Faktenwissen als auch durch das praktische Erfahrungslernen geprägt wird (Neuweg, 2014). Bezüglich der formellen Lerngelegenheiten konnte die Studie von Kleickmann und Steffensky et al. (2017) die Bedeutung des Fachstudiums zur Beantwortung des fachdidaktischen (Sach-)Wissenstest empirisch bestätigen. Dementsprechend sollten besuchte Veranstaltungen, die bestimmte fachdidaktische Themen (fokussiert auf den Umgang mit Schülervorstellungen) behandeln, besonders relevant für das Ausmaß an CDW sein. Trotz der in den vorangegangenen Kapiteln (2.5.2 und 4) angesprochenen konträren Befunde zum Einfluss von informellen Lerngelegenheiten wird für diese Studie angenommen, dass sich auch die praktischen Erfahrungen während des Vorbereitungsdienstes auf das CDW auswirken sollten. Durch die spezifische Betrachtung von Lerngelegenheiten während des Hochschulstudiums und des Vorbereitungsdienstes soll darüber hinaus geklärt werden, ob und vor allem welche fachspezifischen Lerngelegenheiten bedeutsam für das CDW sind. Insgesamt wird erwartet, dass sich die ausgewählten Merkmale als mögliche inkrementelle Prädiktoren des CDWs feststellen lassen.

Hypothese 5: Unter Kontrolle von individuellen Eingangsvoraussetzungen (Alter, Geschlecht, Abiturdurchschnittsnote) können formelle wie informelle Lerngelegenheiten einen inkrementellen Beitrag zur Erklärung interindividueller Unterschiede in den Testleistungen leisten.

7 Vorgehen bei der Entwicklung und Validierung des Testinstruments

Das zentrale Ziel dieser Studie ist die Erhebung und Untersuchung des CDW zu Schülervorstellungen bei angehenden Lehrkräften. Hierzu ist die Entwicklung eines reliablen und validen Messinstruments notwendig. Situierte Testformate bieten wegen ihrer ausgeprägteren ökologischen Validität Vorteile vor reinen Wissenstests (2.6). Im Zentrum des vorliegenden Kapitels steht nun die Entwicklung und Validierung des Testinstrumentariums. Genutzt wird die in Kapitel 5 vorgestellte Konzeptualisierung und Operationalisierung des Konstrukts CDW. Der Ablauf der Entwicklung und Auswertung der Testitems gliedert sich, wie nachfolgend skizziert, in sechs zentrale Schritte: (1) Methodische und inhaltliche Vorüberlegungen, (2) Festlegung eines Referenzrahmens zur Itementwicklung, (3) Überprüfung der Testitems, (4) Pilotierung und Überarbeitung, (5) Aufstellen einer Auswertungsnorm und (6) Hauptstudie.

Schritt 1: Methodische und inhaltliche Vorüberlegungen

Als forschungsmethodischer Ansatz wurde für diese Studie das advokatorische Messverfahren nach Oser et al. (2010) gewählt. Bei dieser Form der indirekten Kompetenzerfassung werden die Probandinnen und Probanden (hier angehende Lehrkräfte) angeregt, sich zunächst in die Rolle einer fiktiven Lehrkraft hineinzuversetzen, die in der Testaufgabe dargestellt bzw. beschrieben wird. Daran anschließend soll eine stellvertretende Beurteilung zu der vorgegebenen Performanz (hier dargestelltes Handeln einer Lehrperson) dieser dritten Person vorgenommen werden. Laut dem advokatorischen Messverfahren ist es möglich, durch die stellvertretende Einschätzung von Handlungen einer fiktiven Lehrkraft, eine Aussage über die Kompetenz bzw. professionellen Wissensinhalte, zur dargestellten Thematik der Probandinnen und Probanden zu treffen (Finch, 1987; Oser et al., 2007). In diesem Fall „werden die Einschätzenden zu den Eingeschätzten“ (Heinzer & Oser, 2013, S. 145). Um für die angehenden Lehrkräfte einen authentischen Bezugsrahmen zur stellvertretenden Beurteilung zu schaffen, bieten sich bspw. Unterrichtsvignetten an (2.6).

Dabei kann auf schriftliche, comicbasierte oder videografierte Vignetten zurückgegriffen werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde sich hinsichtlich des Vignettenformats für eine textbasierte Variante entschieden. Diesem Entschluss liegen die Überlegungen zugrunde, dass dadurch zum einen, trotz der langen Testzeit (90 Minuten), eine anwenderfreundliche Bearbeitung des Tests gewährleistet werden kann (Testökonomie). Zum anderen sind bei diesem Format mögliche Ablenkungsmerkmale (z. B. durch Merkmale im Klassenraum oder der Lehrperson bzw. der Lernenden), wie sie bspw. durch die Betrachtung von Videos entstehen können, nicht gegeben (Friesen, 2017). Weiterhin müssen bei der Analyse von Videovignetten vielfältige (Sinnes-)Eindrücke und Kontextinformationen von den Probandinnen und Probanden verarbeitet werden. Aufgrund dessen, dass diese Anforderungen in textbasierten Unterrichtsvignetten weitaus weniger gegeben sind, empfinden gerade Studierende jenes Bearbeitungsformat oftmals leichter (Friesen & Feige, 2020). Da in der zugrunde liegenden Stichprobe dieser Studie ausschließlich angehende Lehrkräfte sind, erscheint deshalb dieses Vignettenformat als geeignet.

Weiterhin gilt es vor der Entwicklung der Testitems einen inhaltlichen Rahmen festzulegen. Der in diesem Test abgedeckte Themenbereich umfasst Inhalte zum chemischen Stoffbegriff und seinen Eigenschaften. Die Auswahl dieser Fachinhalte soll den Bezug der Vignetten zur alltäglichen Unterrichtspraxis gewährleisten. Trotz der Fokussierung auf spezifische Themen sollte innerhalb der Items eine gewisse Breite und Variation an thematisierten Schülervorstellungen (z. B. Teilchenvorstellung, Aggregatzustände, Löslichkeitskonzept) abgebildet werden. Nähere Ausführungen zum fachlichen Hintergrund der Vignetten können in Kapitel 5 nachgelesen werden. Gemäß dem gewählten Inhaltsbereich wurden für die Operationalisierung des deklarativen sowie prozeduralen CDWs Unterrichtssituationen bzw. -gespräche entworfen, in denen die Vorstellungen der Lernenden zum chemischen Stoff und seinen Eigenschaften im Mittelpunkt stehen.

Um eine Aussage über die Qualität des entwickelten Testinstruments treffen zu können, wird die Erfüllung der drei Kriterien Objektivität[30], Reliabilität und Validität betrachtet (Bühner, 2011, 58 ff.). Eine ausführliche Übersicht zu den Testgütekriterien findet sich u. a. Moosbrugger und Kelava (2012, 7 ff.). Während man sich beim Vorgehen zur Überprüfung der ersten beiden Gütekriterien relativ einig ist, gestaltet sich der Nachweis von Validität herausfordernder. Neben dem Umstand, dass lediglich Hinweise auf Validität gesammelt werden können, werden mehrere Konzepte (u. a. Cronbach, 1988; Kane, 2013; Messick, 1989) zur Validitätsprüfung diskutiert. Zur Validierung der Testwertinterpretationen wird sich in dieser Arbeit an die drei grundlegenden Validitätsaspekte (Konstrukt-, Kriteriums- und Inhaltsvalidität) gehalten, die in der Literatur häufig zur Testvalidierung herangezogen werden (z. B. Bortz & Döring, 2006; Schaper, 2009; Schmiemann & Lücken, 2014; Schnell et al., 2011):

1. Nach Messick (1995) wird dem Konzept der Konstruktvalidität eine übergeordnete Stellung zugesprochen, in das sich die anderen Validitätsaspekte integrieren lassen. Speziell steht bei diesem Konzept die empirische Überprüfung der Struktur des theoretisch definierten Konstrukts im Zentrum (faktorielle Validität). Darüber hinaus wird für den Nachweis eines konstruktvaliden Tests der Zusammenhang zu anderen Konstrukten untersucht, zu denen eine theoretische und empirische Beziehung ableit- bzw. erwartbar ist. Für Erhebungsinstrumente die eine Nähe zum eigenen Konstrukt aufweisen, werden entsprechend höhere Zusammenhänge erwartet (konvergente Validität), als zu konstruktfernen Instrumenten (diskriminante Validität).
2. Zur Überprüfung der Kriteriumsvalidität werden Zusammenhänge zwischen dem Testergebnis und weiteren externen Kriterien betrachtet. Bei der Wahl der Außenkriterien gilt es vor allem solche zu bevorzugen, die zum einen selbst valide erfasst und zum anderen „für den Test praktisch relevant sind“ (Schmiemann & Lücken, 2014, S. 108). Im Kontext dieser Arbeit bieten sich hierfür bspw. neben

[30]Die Sicherstellung der *Auswertungsobjektivität* wird in diesem Kapitel kurz erläutert. Im Rahmen des Kapitels 8.1 „Ablauf bei der Datenerhebung und Überblick über eingesetzte Testhefte“ wird die *Durchführungsobjektivität* kurz thematisiert.

individuellen Personenmerkmalen wie dem Alter, dem Geschlecht und der Muttersprache auch allgemeine kognitive Fähigkeiten wie der Abiturdurchschnittsnote und andere Prädiktoren für den Studien- und Berufserfolg an.

3. Bei der Sicherstellung der Inhaltsvalidität geht es in der Regel nicht darum, nummerische Werte in Form von Korrelationskoeffizienten o. ä. zu erbringen (Bortz & Döring, 2006). Vielmehr wird sie durch „theoretische Argumente gestützt“ (Hartig, Frey & Jude, 2012, S. 144). Anhand von inhaltlich fundierten Plausibilitätsüberlegungen und dem Einbezug von Expertinnen und Experten werden die Inhalte des Tests dahin gehend überprüft, ob sie das zu messende Zielkonstrukt hinreichend repräsentieren. Da im Rahmen der Testentwicklung vor allem der Aspekt der Inhaltsvalidität eine zentrale Rolle einnimmt, wird darauf in diesem Kapitel an entsprechender Stelle immer wieder Bezug genommen.

Schritt 2: Festlegung eines Referenzrahmens zur Itementwicklung

Bevor mit der Entwicklung von Testitems begonnen werden kann, ist allerdings eine exakte Beschreibung der zu erfassenden Zielkonstrukte notwendig. Vor allem für den Nachweis von Inhaltsvalidität wird eine gute theoretische Fundierung vorausgesetzt (Schmiemann & Lücken, 2014). Wie eingangs erwähnt, stellt die in Kapitel 5 vorgestellte Auffassung von Konstruktfacetten und dabei abgeleiteten Merkmalen CDWs den theoretischen Rahmen zur Itemkonstruktion dar. Aufgrund der darin ausführlich beschriebenen Vorarbeiten kann davon ausgegangen werden, dass mit dem Modell das Konstrukt des CDWs übersichtlich repräsentiert ist und somit als abgesicherte Referenz für die Operationalisierung herangezogen werden kann (Hartig et al., 2012, S. 149). In einem nächsten Schritt wurden die aus der Literatur abgeleiteten Maßnahmen zum Umgang mit Schülervorstellungen (3.4) in konkrete Unterrichtssituationen (Vignetten) „übersetzt“, um damit einen Bezug zur Unterrichtspraxis herzustellen. Als Anregungen für die Vignettenkonstruktion wurden für das Thema passende Unterrichtsmaterialen, Beiträge aus Schulbüchern und fachdidaktischen Unterrichtszeitschriften gesichtet und zusammengetragen. Daneben wurden die Inhalte des zu diesem Zeitpunkt neu veröffentlichten Bildungsplans der Realschulen für das Fach Chemie und das Verbundsfach BNT (Biologie, Naturphänomene, Technik) bei der Vignettenentwicklung berücksichtigt (KMK,

2005; Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016b, 2016c).

Um authentische Situationen darzustellen, in die sich die teilnehmenden, angehenden Lehrkräfte hineinversetzen können, wurden zudem reale Unterrichtsvideos und -transkripte des Verbundprojekts „Videobasierte Unterrichtsanalyse (ViU): Early Science“ (Adamina et al., 2017) zu verschiedenen Themen des naturwissenschaftlichen Unterrichts eingesehen. Sie eignen sich insbesondere als theoretischer Referenzrahmen und als Anregung für die Itemgenerierung dieser Arbeit, da dem Projekt eine ähnliche inhaltliche Ausrichtung zugrunde liegt und sie mithilfe der Videos die Maßnahmen der Lernunterstützung bei Lehrkräften untersuchten. Die Vignettenstämme (Unterrichtssituationen) und Items (Antwortalternativen) wurden schlussendlich in einem Zusammenspiel aus den zusammengetragenen theoretischen Erkenntnissen sowie praktischen Anregungen von Expertinnen und Experten aus der Chemiedidaktik konzipiert. In diesem Prozess wurden 16 Vignetten entworfen. Zur Veranschaulichung eines Beispielitems wird im dritten Schritt der Aufbau einer Vignette, wie sie schlussendlich im Testheft der Hauptstudie eingesetzt wurde, vorgestellt.

Schritt 3: Überprüfung der Testitems

Im Rahmen der Itementwicklung entstand eine erste Auswahl an Vignetten, die in einem weiteren Schritt inhaltlich überprüft werden sollen. Neben der inhaltlichen Analyse von Unterrichtsmaterialien, Schulbüchern, Lehrplänen und Unterrichtsvideos/-transkripten empfiehlt es sich zur „externen“ Eignungsprüfung der Items Expertinnen und Experten hinzuziehen (Schmiemann & Lücken, 2014, S. 110). Zur inhaltlichen Validierung wurden die Vignetten im Prozess der Testentwicklung daher mehreren Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung und Praxis vorgelegt. Ihre Aufgabe bestand darin, die bis zu diesem Zeitpunkt entwickelten Vignetten bezüglich ihrer fachdidaktischen Relevanz einzuschätzen und wenn notwendig Alternativvorschläge zu geben. Da es sich bei der an späterer Stelle vorgestellten Stichprobe um angehende Lehrkräfte handelt, sollten die Items auch von der „Anwenderseite“ u. a. auf ihre Verständlichkeit hin überprüft werden. Hierfür wurden Chemie-studierende des fünften bis siebten Semesters (N = 4) im Rahmen eines kleineren fachdidaktischen

Chemieseminars an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg gebeten, die Vignetten auszufüllen. Danach konnten sie in einem offenen Gespräch Rückmeldungen zur sprachlichen Verständlichkeit, inhaltlichen Eindeutigkeit und Authentizität der dargestellten Unterrichtssituationen geben. Zudem wurden sie gebeten, die entwickelten Items pro Konstruktfacette im Hinblick auf ihre inhaltsvalide Aufteilung zu betrachten. Hiermit sollte überprüft werden, „inwieweit die Testinhalte das zumessende Konstrukt erfassen“ (Schmiemann & Lücken, 2014, S. 109). Um auch auf die ökonomische Güte des Tests zu achten (im Sinne der Zumutbarkeit), wurde abschließend nach der empfundenen zeitlichen Belastung durch die Testbearbeitung gefragt.

Schritt 4: Pilotierung und Überarbeitung des Erhebungsinstruments

An die Eignungsprüfung der Testaufgaben schließt sich deren Erprobung an. Zur Klärung der psychometrischen Eigenschaften des Verfahrens wurde daher das entwickelte Testheft in einer Pilotierung 95 angehenden Lehrkräften[31] (davon sind 60.3 % weiblich, Alter: $M = 26.82$, $SD = 3.33$) vorgelegt. Die Itemschwierigkeiten weisen darauf hin, dass die Bearbeitung der Vignetten für die Probandinnen und Probanden eine Herausforderung darstellte und sie im Durchschnitt nur 24 von maximal 60 zu erreichenden Punkten erzielten ($SD = 4.70$). Dies würde im Einklang mit den bisherigen Befunden stehen, dass Studierende und Lehrkräfte nur über wenige Kenntnisse zum Umgang mit Schülervorstellungen verfügen (3.4). Angesichts dieser ersten empirischen Hinweise wurde der bestehende Test überarbeitet. Im Zuge der Überarbeitung wurden nochmals Expertinnen und Experten ($N = 10$; 40 % davon weiblich) aus dem Bereich der Fachdidaktik sowie der Testentwicklung befragt. Zur Entwicklung und Optimierung von Testaufgaben wurden auch in vorangegangenen Studien auf Expertinnen- und Expertenbefragungen zurückgegriffen (u. a. Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017; Rutsch, Rehm et al., 2018; Tepner & Dollny, 2014). Mit dem Vorhaben die Verständlichkeit und die fachdidaktische Relevanz der Unterrichtssituationen zu steigern, wurde neben der Befra-

[31] Der Unterschied in der Stichprobengröße von der Pilotierung ($N = 95$) zur Hauptstudie ($N = 89$) ist darauf zurückzuführen, dass zum Zeitpunkt der Hauptstudie einige Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter aus dem Vorbereitungsdienst ausgeschieden waren. Da die Darstellung der Pilotierungsergebnisse den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde, werden im Folgenden nur die Ergebnisse der Hauptstudie berichtet (Kapitel 9).

gung von Expertinnen und Experten auch ein kognitives Interview mit einer Studentin durchgeführt. Die in dem Interview angewandte Methode des lauten Denkens (Ericsson & Simon, 1980, 1993) erlaubte es, Rückschlüsse daraus zu ziehen, wie die dargestellten Unterrichtssituationen und Antwortalternativen von der Probandin aufgefasst und verstanden wurden. Im Gespräch wurde ersichtlich, worauf sich bei der Beantwortung der Vignetten fokussiert und auf welche Wissensbestände zur Einschätzung der Antwortitems zurückgegriffen wurde. Die aus beiden Verfahren gewonnenen Erkenntnisse wurden schriftlich festgehalten, konstruktive Vorschläge in die Vignetten formativ eingearbeitet und diese dadurch weiterentwickelt. Mittels dieses Optimierungsverfahrens wurden schlussendlich 15 Vignetten für das Testheft der Hauptstudie ausgewählt. Dem Arbeitsmodell folgend wurden dabei für die Wissensbereiche des deklarativen und prozeduralen CDWs fünf bzw. zehn Unterrichtsvignetten entwickelt. Dabei gelang es aus Gründen der nur begrenzten Testzeit nicht, alle fünf aufgeführten Konstruktfacetten gleichmäßig abzubilden. Die nachstehende Tabelle 7.1 zeigt die Verteilung und den Umfang an erstellten Vignetten pro Konstruktfacette für das deklarative und prozedurale CDW.

Tabelle 7.1. Überblick über die entwickelten Vignetten inklusive Anzahl an Items pro Konstruktfacette

Vignettennummer	**Wissensart**	**Subfacette:** Wissen über …	**Titel**	**Itemanzahl** (N = 90)
Vignette 1	deklarativ	themenspezifische Schülervorstellungen	Teilchen im Wasserdampf	7
Vignette 2	deklarativ	themenspezifische Schülervorstellungen	Löslichkeit	7
Vignette 3	deklarativ	themenspezifische Schülervorstellungen	Boyle-Versuch	7
Vignette 4	deklarativ	themenspezifische Schülervorstellungen	Modelle in der Chemie	7
Vignette 5	deklarativ	themenspezifische Schülervorstellungen	Aggregatzustände	6
Vignette 6	prozedural	Potenzial von Concept Cartoons	Gefährliche Badesituation?	7
Vignette 7	prozedural	Potenzial von Concept Cartoons	Macht sich das Jod davon?	6
Vignette 8	prozedural	Potenzial von Concept Cartoons	Wo ist die Grillkohle hin?	2
Vignette 9	prozedural	Potenzial zur kognitiven Aktivierung	Die Kunst der Stoffe	8
Vignette 10	prozedural	Potenzial zur kognitiven Aktivierung	Chemischer Weihnachtszauber: Nelkenöl	8
Vignette 11	prozedural	Potenzial zur kognitiven Aktivierung	Das Kochsalz in der Chemie	2
Vignette 12	prozedural	Inhaltliche Strukturierung	Die ganze Welt besteht aus Stoffen	9
Vignette 13	prozedural	Inhaltliche Strukturierung	Die kalte Coladose	7
Vignette 14	prozedural	Konstruktive Unterstützung	Was passiert mit dem Eiswürfel?	6
Vignette 15	prozedural	Konstruktive Unterstützung	Zuckerwasser	1

Der allgemeine Aufbau einer Vignette (Überschrift, Vignettenstamm, fachdidaktische Frage- bzw. Aufgabenstellung und Antwortmöglichkeiten) wurde bereits in Kapitel 2.6 ausführlich vorgestellt. Die in dieser Arbeit entwickelten Vignetten fokussieren sich vor allem auf den Umgang mit Schülervorstellungen. In den Unterrichtssituationen bzw. –gesprächen, zur Untersuchung des deklarativen Wissens, werden die Studienteilnehmenden aufgefordert, zu dem präsentierten Unterrichtsthema mögliche Schülervorstellungen zu identifizieren. Bei den gezeigten Unterrichtssequenzen zur Erfassung des prozeduralen Wissens geht es vielmehr darum, diese anhand vorgegebener Antwortalternativen aus einer fachdidaktischen Perspektive einzuschätzen. Dies soll vor allem mit Blick auf den Einsatz von Concept Cartoons und Merkmalen der kognitiven Aktivierung, inhaltlichen Strukturierung sowie konstruktiven Unterstützung geschehen. Vor dem Hintergrund der beschriebenen Unterrichtssituation sollen unterschiedliche Items auf einer sechsstufigen Skala (1 = „Trifft gar nicht zu“ bis 6 = „Trifft voll und ganz zu“) eingeschätzt werden.

Auf den folgenden Seiten wird anhand der beispielhaften Vignette aus der Konstruktfacette *Wissen über themenspezifische Schülervorstellungen (dCDW)* veranschaulicht, welche Anforderungen an die teilnehmenden Lehrkräfte durch den Vignettenstamm, die fachdidaktische Aufgabenstellung und Antwortmöglichkeiten gestellt werden. Eine weitere Testaufgabe für das prozedurale CDW aus der Konstruktfacette *Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons für den Umgang mit Schülervorstellungen* findet sich im Anhang A1 (S. 266 – 268).

Vignettenstamm einer Beispielvignette zum deklarativen CDW:

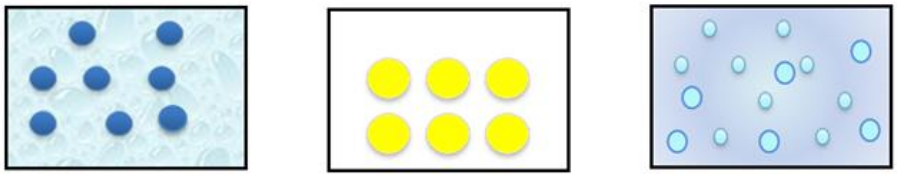
Die nachfolgende Abbildung 7.1 zeigt als Vignettenstamm einen Unterrichtsausschnitt einer achten Klasse, in dem anhand des Teilchenmodells die Aggregatzustände und ihre Übergänge wiederholt werden. Dabei werden sowohl relevante Kontextinformationen (Schulart und Klassenstufe) als auch Angaben zur inhaltlichen Einbettung der Sequenz in den vorangegangenen Unterrichtsverlauf gegeben.

Vignette „Modelle in der Chemie“

Herr Peters ist der Chemielehrer einer 8. Realschulklasse. Die Klasse wurde in den letzten beiden Stunden von einem Praktikanten unterrichtet, der das Teilchenmodell eingeführt hatte. Heute unterrichtet Herr Peters wieder selbst.

Nach einer kurzen Wiederholung des Teilchenmodells anhand der drei Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) soll nun das Atommodell (nach Dalton) eingeführt werden.

Nach Beendigung dieses Themenblocks sammelt Herr Peters die Arbeitshefte seiner Schulklasse ein. Er findet in sämtlichen Chemieheften ähnliche Abbildungen von Modellen, die sein Praktikant verwendet hatte, um den Schülerinnen und Schülern eine verständliche Vorstellung von Teilchen zu vermitteln. Hier sehen Sie einen Ausschnitt aus dem Heft einer Schülerin:



Wasser (Abbildung 1) | fester Schwefel (Abbildung 2) | gasförmiger Sauerstoff (Abbildung 3)

Vorstellungen von Teilchen
(Abbildungen adaptiert nach Witner & Tepner, 2011b, S. 12)

Abbildung 7.1. Vignettenstamm der Beispielvignette zum deklarativen CDW.

Fachdidaktische Aufgabenstellung:

Gemäß dem advokatorischen Ansatz werden die Probandinnen und Probanden in der sich anschließenden fachdidaktischen Aufgabenstellung (Abbildung 7.2) aufgefordert, sich in den beschriebenen Lehrer (Herr Peters) zu versetzen. Aufgabe der angehenden Lehrkräfte ist es, mögliche Schülervorstellungen zu identifizieren, die sich durch die verwendeten Abbildungen (siehe Vignettenstamm „Vorstellungen von Teilchen“) im vorangegangen Unterricht entwickelt bzw. verfestigt haben könnten.

Versetzen Sie sich in die Rolle von Herrn Peters:

Sie haben ebenfalls Bedenken, dass die Schüler*innen[32] durch die verwendeten Abbildungen fachlich inadäquate Teilchenvorstellungen entwickeln könnten. Nachfolgend sind sieben Schülervorstellungen (Teilchenebene / Phänomenebene) aufgelistet, die durch diese Abbildungen hervorgerufen bzw. verstärkt werden können. Beurteilen Sie bitte, welche der aufgelisteten Teilchenvorstellungen für Schüler*innen der Unter- und Mittelstufe zutreffen.

Abbildung 7.2. Fachdidaktische Aufgabenstellung der Beispielvignette zum deklarativen CDW.

Antwortmöglichkeiten:

Damit die aus den Abbildungen möglicherweise resultierenden Missverständnisse nicht zu einem Hindernis für den weiteren Lernprozess werden, ist es wichtig, dass Lehrkräfte die entstandenen Schülervorstellungen kennen. Erst dann können sie im weiteren Unterricht thematisiert werden. Die Antwortalternativen (Abbildung 7.3) zu dieser Konstruktfacette fokussieren sich daher darauf, mögliche Schülervorstellungen zu identifizieren, die durch die verwendeten Abbildungen hervorgerufen bzw. verstärkt werden könnten. Bei den Antwortformaten zu den deklarativen Vignetten wurde eine Skala statt einem Multiple-Choice-Format gewählt. Durch den Rückgriff auf eine Skala lässt sich die Ratewahrscheinlichkeit, dass entstandene Schülervorstellungen nur erraten bzw. zufällig richtig oder falsch angekreuzt werden, eingrenzen.

[32] Bei Auszügen aus dem Original-Testheft werden die dort verwendeten Gender-Richtlinien übernommen.

Auch Bühner (2006) legt nahe, „Raten schon durch die Auswahl geeigneter Antwortformate und geeigneter Distraktoren zu unterbinden, so dass [auch bei der Berechnung der Schwierigkeitsindizes] keine Ratekorrektur mehr nötig ist“ (Bühner, 2006, S. 85). Weiterhin kann den Teilnehmenden durch die Verwendung einer Skala ein einheitliches Testformat vorgelegt werden.

Bitte machen Sie in jeder Zeile ein Kreuz.	1 Trifft gar nicht zu	2 Trifft nicht zu	3 Trifft eher nicht zu	4 Trifft eher zu	5 Trifft zu	6 Trifft voll und ganz zu
Schüler*innen könnten durch die Abbildungen die Vorstellung entwickeln, dass …						
sich Eigenschaften von Stoffen auf deren Teilchen übertragen lassen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
sich zwischen den Teilchen leere Zwischenräume befinden.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Moleküle und Atomen/Teilchen mit Kugeln gleichgesetzt werden.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
feste Stoffe aus kleinsten Teilchen bestehen, die sich nicht bewegen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
…	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 7.3. Auszug an Antwortmöglichkeiten bei der Beispielvignette zum deklarativen CDW.

Um auch einen Einblick in die Frage- bzw. Aufgabenstellungen der anderen Konstruktfacetten zu erhalten, können der nachfolgenden Tabelle 7.2 weitere Kurzbeschreibungen von Aufgabenstellungen entnommen werden.

Tabelle 7.2. Kurzbeschreibung der Aufgabenstellungen von weiteren Konstruktfacetten

Konstruktfacetten des prozeduralen CDWs	Beispielhafte Aufgabenstellung aus dem Testheft
Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons	Versetzen Sie sich in die Rolle von Frau Bach: Welche Möglichkeiten sehen Sie in der Arbeitsanweisung und dem dargestellten Concept Cartoon, damit Frau Bach Schülervorstellungen in Ihrem Unterricht aufgreifen kann? Bewerten Sie die folgenden Begründungen aus fachdidaktischer Sicht.
Wissen über das Potenzial von kognitiver Aktivierung	Frau Bauer möchte, dass die Schüler*innen ein fachlich angemessenes Verständnis zum Verdampfungsvorgang von Eugenol gewinnen. Wie könnte die Lehrerin die Schüler*innen im weiteren Unterricht kognitiv aktivieren, damit diese eine fachlich angemessene Vorstellung entwickeln?
Wissen über inhaltliche Strukturierung	Frau Künzel möchte ihren Unterricht so strukturieren, dass die Schüler*innen nach der Wiederholungsstunde ein fachlich adäquates Verständnis zum Stoffbegriff und dessen Eigenschaften entwickelt haben. Wie könnte die Lehrerin die Unterrichtsstunde zum Thema „Chemie: Die Lehre von Stoffen“ inhaltlich strukturieren, um Schülervorstellungen zu berücksichtigen?
Wissen über konstruktive Unterstützung	Aufgrund der Aussagen von Katja möchte Frau Kunze im weiteren Unterrichtsverlauf Maßnahmen der konstruktiven Unterstützung einplanen. Wie könnte die Lehrerin Katja und die Klasse im weiteren Unterrichtsverlauf konstruktiv unterstützen, um deren Schülervorstellungen aufzugreifen?

Schritt 5: Generierung einer Auswertungsnorm

Zur Auswertung der Vignetten wurde ein Auswertungsmanual entwickelt. Mit dem Ziel ein Lösungsmuster für die Antwortalternativen jeder Vignette zu gewinnen, sind in das Auswertungsmanual sowohl die Einschätzung der befragten Expertinnen und Experten als auch eine theoriegeleitete Bewertung der Antwortitems eingeflossen. Diese Kombination erscheint sinnvoll, da mit Blick auf die Überprüfung

der Inhaltsvalidität auch die Rückmeldungen einer Expertinnen- und Expertenbefragung weder einen absoluten noch einen endgültigen Anspruch erheben (Murphy & Davidshofer, 1998). Bortz und Döring (2006) merken in diesem Zusammenhang ebenfalls an, dass es sich bei Ratings mit Expertinnen und Experten um subjektive Einschätzungen handelt. Dass ein vollständiger Konsens auch für den Themenbereich Schülervorstellungen praktisch nur schwer zu erhalten ist, verdeutlicht bspw. die in Kapitel 3.2 diskutierte, vielfältige Auffassung des Begriffs Schülervorstellungen.

Für diese Arbeit wurde es daher als sinnvoll erachtet, die externen Urteile der Expertinnen und Experten mit einer der fachdidaktischen Literatur entsprechenden, aktuellen Sichtweise für den Umgang mit Schülervorstellungen zu ergänzen. Hierfür wurde eine Literaturrecherche durchgeführt und dabei Erkenntnisse aus der empirischen Lehr-Lern-Forschung sowie Theorien aus der Naturwissenschaftsdidaktik (Kapitel 3) berücksichtigt. Um bspw. ein passendes Lösungsmuster für die Vignetten zum deklarativen Wissen über themenspezifische Schülervorstellungen zu generieren, konnte sich auf zahlreiche Studien gestützt werden, die empirisch die Vorstellungen von Lernenden erforschten (vgl. umfassende Literaturdatenbank von Duit & Pfundt, 2009). Die dabei gewonnenen Begründungen zur Einschätzung der jeweiligen Items sind in einem umfassenden Manual dokumentiert. Das Vorgehen zur Generierung eines Lösungsmusters, das eine theoriegeleitete Bewertung beinhaltet, wurde auch schon in anderen Arbeiten angewandt (z. B. Lange, 2010; Olszewski et al., 2009).

Als zusätzliche Absicherung der erstellten Norm wurde eine konsensuelle Validierung, ähnlich wie sie aus der qualitativen Forschung bekannt ist, durchgeführt. Dazu wurde das Lösungsmuster für jede Vignette nochmals in einer kleineren Runde mit Personen (N = 5), die sich sowohl an dem Projekt als auch bei der Vignettenentwicklung beteiligten, auf ihre Stimmigkeit hin überprüft. In Bezug auf die interpersonale Konsensbildung (konsensuelle Validierung) argumentieren Bortz und Döring (2006): „Können sich mehrere Personen auf die Glaubwürdigkeit und den Bedeutungsgehalt des Materials einigen, gilt dies als Indiz für seine Validität“ (Bortz & Döring, 2006, S. 328). Darüber hinaus ermöglicht eine ausführliche Do-

kumentation des theoretischen Bezugsrahmens (Kapitel 5) sowie der Vorgehensweise zur Entwicklung und Auswertung der Testitems (vorliegendes Kapitel) diesen Prozess für Außenstehende nachvollziehbar zu machen.

Um ein Beispiel zur Beurteilung von geeigneten und eher weniger geeigneten Antwortmöglichkeiten transparenter zu machen, ist im Anhang A2 (S. 269 – 272) ein Auszug aus dem Auswertungsmanual zu finden. Anhand der im Anhang aufgeführten Vignette „Gefährliche Badesituation?“ wird exemplarisch aufgezeigt, welches Lösungsmuster hier zugrunde liegt. An diesem Beispiel kann detailliert begründet werden, welche aufgeführten Antwortmöglichkeiten als mehr oder weniger zutreffend einzuschätzen sind. Bepunktet wird dann schlussendlich die Passung zwischen der Probandeneinschätzung und der Lösung der entwickelten Auswertungsnorm. Eine nähere Erläuterung zur Testwertbepunktung erfolgt in Kapitel 8.4. Durch den einheitlichen Auswertungsschlüssel, der eine Interpretation der Testergebnisse unabhängig von einem Testauswertenden ermöglicht, ist auch die *Auswertungsobjektivität* gewährleistet.

Schritt 6: Hauptstudie

Nach der Pilotierung wurde das überarbeitete Erhebungsinstrument im Rahmen der Hauptstudie erneut eingesetzt. Das Vorgehen zur Datenerhebung und Datenanalyse sowie die dabei gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse werden in den folgenden Kapiteln ausführlicher dargelegt.

Zusammenfassung:

Wesentliche Schritte im Prozess der Testentwicklung und -auswertung wurden in diesem Kapitel exemplarisch für die vorliegende Studie vorgestellt. Durch die ausführlichen theoretisch-konzeptuellen Vorarbeiten, den Abgleich mit Fachliteratur sowie die mehrfachen Ratings mit Expertinnen und Experten kann der Nachweis von Inhaltsvalidität als gewährleistet betrachtet werden. Die Auswertungsnorm wurde in Zusammenarbeit mit mehreren Expertinnen und Experten aus der Fachdidaktik sowie in Abgleich mit einer theoretisch aufgestellten Auswertungsnorm entwickelt. Nach diesem mehrstufigen Vorgehen zur inhaltlichen Validierung konnte für das finale Testinstrument mit insgesamt 15 Vignetten (89 Items) ein – aus Praxis und Theorie – abgesichertes Auswertungsmanual erstellt werden. Auf dessen Grundlage erfolgt nun die anstehende statistische Auswertung.

8 Methode

Das folgende Kapitel beschreibt zum einen das Vorgehen bei der Datenerhebung. Zum anderen werden erste Einblicke in die untersuchte Population (8.1) gegeben und die eingesetzten Erhebungsinstrumente zur Bearbeitung der Forschungsanliegen (8.2) vorgestellt. Die ausführliche Darstellung der Testwertbepunktung (8.4), eingesetzter Auswertungsverfahren (8.5) und Behandlungsmethoden zum Umgang mit fehlenden Werten (8.6), ermöglichen es die anschließende Ergebnisdarstellung leichter nachvollziehen zu können.

8.1 Ablauf der Datenerhebung und Überblick über eingesetzte Testhefte

Die in dieser Arbeit vorgestellte Studie wurde im Rahmen einer groß angelegten Erhebung[33] des Forschungs- und Nachwuchskollegs EKoL durchgeführt. Hauptaugenmerk des Projekts ist es, in verschiedenen Domänen Erkenntnisse über den Professionalisierungsprozess von angehenden Lehrkräften zu gewinnen. Hierfür wurden Lehramtsanwärterinnen und –anwärter von insgesamt neun Standorten der Seminare für Didaktik und Lehrerbildung in Baden-Württemberg (Mannheim, Heidelberg, Rottweil, Reutlingen, Schwäbisch Gmünd, Meckenbeuren, Ludwigsburg, Freiburg, Karlsruhe) befragt. Um eine möglichst hohe *Durchführungsobjektivität* gewährleisten zu können, wurde ein Vorgehen zur Datenerhebung unter standardisierten Bedingungen (Bearbeitungszeitraum, Instruktionen zur Testbearbeitung mit einheitlicher PowerPoint-Präsentation) gewählt. Dabei wurde den angehenden Lehrkräften von geschulten Testleitenden ein zweitteiliges Testheft, mit einem fächerübergreifenden und fachspezifischen Befragungsteil, vorgelegt. Beide Befragungsteile sollten nach Möglichkeit direkt nacheinander durchgeführt werden, wobei für den fächerübergreifenden Teil eine Bearbeitungsdauer von etwa 30 Minuten und für den fachspezifischen Teil circa 60 Minuten zur Verfügung standen. Die Befragung, von dem hier vorgestellten Forschungsprojekt, fand jeweils vor Ort an

[33] An der Studie waren insgesamt 10 Teilprojekte aus den Fächern Pädagogik, Mathematik, Deutsch, Geschichte und den Naturwissenschaften beteiligt.

den Seminaren mit einem Papierfragebogen statt. Dieses Befragungsformat hat im Vergleich zu einer Onlinebefragung den Vorteil, dass mit einem höheren Rücklauf zu rechnen ist und die Möglichkeit besteht, direkt auf Nachfragen und Verständnisschwierigkeiten, bspw. bezüglich der verschiedenen Testhefte, reagieren zu können (Rehm & Bölsterli, 2014).

Bei dem allgemeinen Testheft handelt es sich um eine Zusammensetzung von Skalen, die im Rahmen des Gesamtprojekts EKoL über alle Domänen hinweg gleichermaßen erfasst wurden. Bei der Auswahl der Skalen wurde sich u. a. am Modell der Professionalisierung in der Lehrerbildung (vgl. Abbildung 2.1) orientiert. Dementsprechend sind in den ersten, allgemeinen Befragungsteil Aspekte aus den Bereichen Motivation, Überzeugungen, Selbstregulation, der Umgang mit heterogenen Lerngruppen (PPK-Facette) sowie weitere Selbsteinschätzungsskalen zum eigenen Unterricht (u. a. zur kognitiven Aktivierung) und dem Vorbereitungsdienst eingeflossen. Es wurden projektübergreifend bewusst die aufgezählten Aspekte ausgewählt, da hier davon auszugehen ist, dass sie sich auf die Entwicklung der professionellen Kompetenz auswirken (2.1). Folglich wird der Vignettentest durch die Erfassung von den oben aufgeführten Kovariaten ergänzt und bspw. die Absichten der Probandinnen und Probanden untersucht, die der Wahl des Lehramtsstudiums zugrunde liegen. Der zweite, fachspezifische Befragungsteil beinhaltete neben den entwickelten Testaufgaben zum CDW zu Schülervorstellungen (Kapitel 7) auch domänenspezifische Skalen zu Berufswahlmotiven (Pohlmann & Möller, 2010), dem berufsbezogenen Selbstkonzept (Retelsdorf et al., 2014) sowie zum *Unterrichts-* und *Fachenthusiasmus* (Kunter, Frenzel et al., 2011). Des Weiteren wurde nach fachspezifischen Lerngelegenheiten und unterrichtspraktischen Erfahrungen gefragt. Für die Erhebung der weiteren domänenübergreifenden und -spezifischen Teilkompetenzen wurden empirisch bewährte Untersuchungsinstrumente anderer Forschungsprojekte (z. B. BilWiss: Kunter et al., 2016) herangezogen und für das Projekt angepasste Skalen genutzt (8.2). Zentrale Informationen zu den verwendeten Skalen pro Testheft, einschließlich deren Itemanzahl und Bezugsquellen können dem Skalenhandbuch (Lohse-Bossenz, Schönknecht et al., in Vorbereitung) entnommen werden.

8.2 Beschreibung relevanter Instrumente des fächerübergreifenden und fachspezifischen Befragungsteils

Eine ausführliche Vorstellung jeder einzelnen eingesetzten Skala würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, daher werden nachstehend nur die für diese Arbeit wichtigsten Skalen und Variablen näher erläutert, die zur Beschreibung der Stichprobe und für Validierungszwecke herangezogen werden. Maße der internen Konsistenz sowie weitere aussagekräftige Itemkennwerte werden für die jeweiligen Skalen an entsprechender Stelle im Ergebnisteil (Kapitel 9) angeführt.

Zunächst folgt eine kurze Auflistung der zentralen soziodemografischen Angaben. Daran schließt sich die Beschreibung der relevanten Selbsteinschätzungsskalen aus dem ersten, fächerübergreifenden Testheft an. Hierbei sollte eine Einschätzung des eigenen Unterrichts im Hinblick auf verschiedene Merkmale vorgenommen werden. Die jeweiligen Itemformulierungen werden dabei mitberücksichtigt und sind den eingerückten Abschnitten zu entnehmen. Bis auf die soziodemografischen Variablen erfolgte die Selbstauskunft auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 = „Trifft gar nicht zu“ bis 5 = „Trifft völlig zu“).

Soziodemographische Angaben

Um die Stichprobe präziser beschreiben zu können, wurden soziodemographische Variablen wie das Alter, das Geschlecht, der Studiengang, die Hochschule, die durchschnittliche Abitur- und Staatsexamensnote sowie die Muttersprache erhoben.

Selbsteinschätzungsskala zum eigenen Unterricht: Kognitive Aktivierung

> Wie häufig wenden Sie folgende Techniken in Ihrem Unterricht im Fach Chemie an?

Um einschätzen zu können, inwieweit den befragten angehenden Lehrkräften eine kognitiv anregende Unterrichtsgestaltung gelingt, wurden zur Erfassung der kognitiven Aktivierung acht Items (z. B.: „*Ich gehe von Vorstellungen der Schüler(innen) aus und spiele mit ihnen die Konsequenzen durch, bis die Schüler(innen) verblüffende Ungereimtheiten erkennen.*“) aus der BilWiss-Studie (Kunter et al., 2016, S. 126) übernommen. Die Items wurden dabei in Anlehnung an Baumert et al. (2009) generiert.

Selbsteinschätzungsskala zum eigenen Unterricht: Klassenführung

Inwieweit treffen folgende Aussagen auf Ihren Unterricht im Fach Chemie zu?

Aspekte der Klassenführung wurden über zwei Subskalen (*Keine Unterrichtsstörungen*, *Monitoring*) mit insgesamt sieben Items erfasst. Im Rahmen der COACTIV- und BIJU-Studie wurden die Sub-Skalen *Keine Unterrichtsstörungen* (Kunter et al., 2010) und *Monitoring* (Baumert, Gruehn, Heyn, Köller & Schnabel, 1997; Clausen, 2002; Gruehn, 2000; Kunter, 2005) entwickelt. Da die zuletzt genannte Sub-Skala allerdings sowohl in der BilWiss, als auch in dieser Studie unbefriedigende Werte für die interne Konsistenz (z. T. unter 0.60) erreichte, wurde nur die erst genannte Subskala für die nachfolgenden Analysen verwendet. Die Sub-Skala *Keine Unterrichtsstörungen* (z. B.: „Es dauert zu Beginn des Unterrichts sehr lange, bis die Schüler(innen) ruhig werden und zu arbeiten beginnen.“) umfasst vier Items und erfragt, inwieweit die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit, z. B. für die präventive Vermeidung von Unterrichtsstörungen, von den angehenden Lehrkräften effektiv genutzt wird.

Selbsteinschätzungsskala zum Lernen aus dem eigenen Fachunterricht: Umgang mit Fehlersituationen

Im Folgenden geht es um mögliche Fehler, die während des Unterrichts auftreten können. Bitte markieren Sie für jede Aussage, inwieweit sie auf Sie zutrifft oder nicht.

Die Skala zur unterrichtsbezogenen *Fehlerorientierung* beinhaltet sechs Subskalen (*Kognitiver Umgang mit Fehlern, Fehlerkompetenz, Lernen aus Fehlern, Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler, Belastung durch Fehler und Kommunikation über Fehler*) mit je drei Items. Sie wurde von Böhnke und Thiel (2016) auf der Basis des *Error Orientation Questionnaire (EOQ)* von Rybowiak, Garst, Frese und Batinic (1999) angepasst. Für die folgenden Analysen kristallisierten sich vor allem zwei Subskalen als zentral heraus, sodass für diese nachfolgend Beispielitems (siehe Böhnke & Thiel, 2016, S. 64) angeführt werden. Zum einen handelt es sich um die Subskala *Kognitiver Umgang mit Fehlern* (z. B. „Nachdem mir im Unterricht ein Fehler passiert ist, überlege ich, wie es dazu kommen konnte.“) und zum anderen um die *Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler* (z. B. „Um meinen Unterricht weiterzuentwickeln, nehme ich es gern in Kauf, dass auch mal etwas schiefgehen kann.“). Böhnke und Thiel (2016) verstehen unter dem *Kognitiven Umgang mit*

Fehlern, dass Lehrkräfte mitunter Strategien zum lernförderlichen Umgang mit Fehlersituationen entwickeln (Böhnke & Thiel, 2016, S. 59). Hinsichtlich der Subskala *Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler* ist der Ursprungsquelle zu entnehmen, dass „Error risk taking implies general exibility and openness towards errors [...] [or] error risk taking is due to high achievement-orientation, which implies that one accepts error-sand their consequences in order to reach higher goals.“ (Rybowiak et al., 1999, S. 534).

Aus dem zweiten, fachspezifischen Befragungsteil sind neben dem entwickelten Vignettentest, Selbstberichtsdaten zum *Unterrichts*- und *Fachenthusiasmus* sowie weitere Angaben zu informellen und formellen Lerngelegenheiten in die nachfolgenden Analysen eingeflossen.

Selbsteinschätzungsskala zum Unterrichtsenthusiasmus

> Im Folgenden werden Ihnen verschiedene Aussagen zum Unterrichten präsentiert. Bitte kreuzen Sie rechts neben jeder Aussage an, inwiefern diese auf Sie zutrifft.

Um das subjektive Erleben von Freude beim Unterrichten der (befragten) angehenden Lehrkräfte zu erfragen, wurde die Skala zum *teacher enthusiasm* (*Unterrichtsenthusiasmus)* von Kunter und Frenzel et al. (2011) mit fünf Items eingesetzt. Da es sich hierbei um eine domänenspezifische Skala handelt wurden Änderungen am Originalwortlaut vorgenommen und an die zugrunde liegende Fachzugehörigkeit (z. B. „Ich habe Spaß am Unterrichten von meinem Fach *Chemie*.“) angepasst. Die Begeisterung zu Unterrichten spiegelt sich dabei im Ausmaß „of enjoyment, excitement, and pleasure that teachers typically experience in their professional activities“ (Kunter et al., 2008, S. 470) wider. Dem Konstrukt wird dabei eine intrinsisch motivationale Personeneigenschaft zugesprochen, welche sich bei einer Lehrkraft durch eine aktivitätsbezogene Begeisterung (*activity-related affective orientation*) für das Unterrichten selbst (z. B. Interaktion mit den Lernenden) zeigt (Kunter, Frenzel et al., 2011, S. 290).

Selbsteinschätzungsskala zum Fachenthusiasmus

> Im Folgenden werden Ihnen verschiedene Aussagen zum Unterrichten präsentiert. Bitte kreuzen Sie rechts neben jeder Aussage an, inwiefern diese auf Sie zutrifft.

Die Skala zum *subject enthusiasm (Fachenthusiasmus)* stammt ebenfalls von Kunter und Frenzel et al. (2011) und wurde bei der Übersetzung für das Fach Chemie angepasst. Die Skala umfasst fünf Items (z. B. „Ich finde mein Fach Chemie spannend und versuche, meine Begeisterung den Schülern zu übermitteln.“). Unter dieser Dimension des *Lehrerenthusiasmus* ist eine themenbezogene intrinsische Orientierung (*topic-related affective orientation*) zu verstehen (Kunter, Frenzel et al., 2011, S. 290). Sie äußert sich bspw. durch die Begeisterung, mit der sich eine Lehrperson mit dem zu unterrichtenden Fach und dessen Lerninhalten auseinandersetzt (ebd.).

Für einen Überblick werden in Tabelle 8.1 die Korrelationen zwischen den hinzugezogenen Selbstberichtsdaten dargestellt. Die Interkorrelationen geben Aufschluss über die Stärke und Richtung der Zusammenhänge der Variablen untereinander. Die Korrelationsmatrix zeigt deutlich von Eins abweichende Zusammenhänge.

Tabelle 8.1. Korrelation zwischen den hinzugezogenen Selbstberichtsdaten

Variablen	2	3	4	5	6
1 Kognitive Aktivierung	−0.35**	0.56**	0.37**	0.53**	0.31**
2 Klassenführungsaspekt (Keine Unterrichtsstörungen)		0.40**	0.21°	0.12	−0.07
3 Fachenthusiasmus			0.71**	0.13	0.37**
4 Unterrichtsenthusiasmus				0.14	0.41**
5 Kognitiver Umgang mit Fehlern					0.16
6 Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler					---

Anmerkungen. n = 72. Korrelationen berechnet in SPSS mit Faktorladungen.
° $p \leq 0.10$, * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$.

Indikatoren formeller und informeller Lerngelegenheiten

Unterrichtspraktische Erfahrung (Eigener Unterricht im Vorbereitungsdienst)

Im Folgenden möchten wir etwas über den Umfang Ihres eigenverantwortlichen Unterrichts im Vorbereitungsdienst erfahren. Bitte tragen Sie in die nachfolgende Tabelle Ihre Fächer ein und ergänzen Sie in den Zeilen in welchem Stundenumfang Sie das jeweilige Fach pro Woche in den einzelnen Klassenstufen im Schuljahr 17/18 unterrichtet haben (Ausfüllbeispiel in Tabelle).

Tabelle 8.2. Erfassung unterrichtspraktischer Erfahrungen (Auszug aus Testheft)

	Klasse 5	Klasse 6	Klasse 7	Klasse 8	Klasse 9	Klasse 10
(z. B. Englisch)	(4)		(4)			

Um den Einfluss von informellen Lerngelegenheiten zu untersuchen, werden in dieser Studie die unterrichtspraktischen Erfahrungen im Vorbereitungsdienst betrachtet. Als Indikator für die unterrichtspraktischen Erfahrungen der angehenden Lehrkräfte wurde nach den gehaltenen Unterrichtsstunden im Schuljahr 2017/2018 gefragt. Die Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter sollten hierbei angeben, in welchem Stundenumfang sie pro Woche verschiedene Klassen je studiertes Fach unterrichten (Tabelle 8.2). Für Analysezwecke wurden die insgesamt gehaltenen Stunden zusammengefasst.

Fachspezifische Lerngelegenheiten

Falls Sie an der Hochschule bzw. am Seminar an Veranstaltungen zur Fachdidaktik in Chemie teilgenommen haben, geben Sie hier an, ob und in welchem Umfang das Thema „Diagnose von und Umgang mit Schülervorstellungen“ behandelt wurde.

Neben schulpraktischen Erfahrungen wurden auch Indikatoren von formellen Lerngelegenheiten erfasst. Um den Einfluss von fachspezifischen Lerngelegenheiten in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung zu untersuchen, wurde dabei nach fachdidaktischen Veranstaltungen zum Themenbereich „Schülervorstellungen“ gefragt.

Hierbei schätzten die Probandinnen und Probanden deren Thematisierung an der Hochschule und am Staatlichen Seminar ein. Die Einschätzungen, ob und in welchem Umfang Inhalte zum Umgang mit Schülervorstellungen gelehrt wurden, erfolgte dabei für fünf vorgegebene Themenbereiche (Veranstaltungen zu themenspezifischen Schülervorstellungen, zur Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoon, zu Maßnahmen der kognitiven Aktivierung, inhaltlichen Strukturierung und konstruktiven Unterstützung) auf einer fünfstufigen Likert-Skala (vgl. Abbildung 8.1).

Themenspezifische Schülervorstellungen (z. B. chemische Reaktion, Teilchenvorstellung)	wurde gar nicht thematisiert				wurde sehr intensiv thematisiert
	1	2	3	4	5
In Chemie-Veranstaltungen an der Pädagogischen Hochschule:	☐	☐	☐	☐	☐
In Chemie-Veranstaltungen am Staatlichen Seminar:	☐	☐	☐	☐	☐

Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoons	wurde gar nicht thematisiert				wurde sehr intensiv thematisiert
	1	2	3	4	5
In Chemie-Veranstaltungen an der Pädagogischen Hochschule:	☐	☐	☐	☐	☐
In Chemie-Veranstaltungen am Staatlichen Seminar:	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 8.1. Beispielskala zur Einschätzung behandelter Inhalte zum Themenbereich „Schülervorstellungen“ an Pädagogischen Hochschulen und Staatlichen Seminaren.

Es wurde zur Untersuchung des Einflusses auf das CDW speziell nach diesen fünf Bereichen gefragt, da die Testentwicklung (Kapitel 7) auf einem Arbeitsmodell beruht, welches genau diese fünf Konstruktfacetten (Kapitel 5) enthält. Demnach bezieht sich die Frage nach besuchten und thematisierten fachspezifischen Lerngelegenheiten auf die genannten Bereiche. Ziel ist es damit Einblicke in die Bedeutung von einzelnen Studieninhalten für den Umgang mit Schülervorstellungen zu erhalten.

8.3 Beschreibung der Stichprobe

Die Stichprobe wurde im Rahmen der EKoL-Gesamterhebung rekrutiert. Das Testinstrument wurde bei insgesamt 89 angehenden Lehrkräften eingesetzt (Alter: *M* = 27.17 Jahre, *SD* = 3.53, weiblich: 66.3 %). Dabei setzte sich die Stichprobe aus 51 Chemielehramtsanwärterinnen und Chemielehramtsanwärtern (Alter: *M* = 27.39 Jahre, *SD* = 3.28, weiblich: 66.7 %) zusammen, die im Rahmen der EKoL-Gesamterhebung im Zeitraum von Dezember 2017 bis Februar 2018 befragt wurden. In diesem Zuge waren auch 17 Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter anderer Fächer an der Befragung beteiligt, die randomisiert zugewiesen wurden (Alter: *M* = 29.12 Jahre, *SD* = 4.37, weiblich: 47.1 %). Aufgrund dessen, dass die Anzahl an potenziell zu befragenden Chemielehramtsanwärterinnen und Chemielehramtsanwärtern in diesem Erhebungszyklus geringer als in anderen Fächern ausfiel, wurden im Mai 2018 zur Stichprobensteigerung zehn weitere Chemielehramtsanwärterinnen und Chemielehramtsanwärter (Alter: *M* = 26.50 Jahre, *SD* = 2.01, weiblich: 70.0 %) sowie eine kleine Stichprobe von elf Chemiestudierenden (Alter: *M* = 23.73 Jahre, *SD* = 1.27, weiblich: 90.9 %) hinzugezogen. Jene Studierende wurde im Rahmen eines Vorbereitungsseminars auf die Erste Staatsexamensprüfung befragt und befanden sich demnach am Ende der ersten Phase der Lehrerbildung. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich die Stichprobe aus Teilnehmerinnen und Teilnehmern zusammensetzt, die zum Zeitpunkt der Befragung ein ähnliches Studienlevel aufwiesen. Zusammenfassend wird im Folgenden von angehenden Lehrkräften gesprochen. Da die Bearbeitung der Testhefte durch die Verwendung von textbasierten Vignetten für die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer sehr leseintensiv war wurde zudem die Muttersprache erfragt. Hierbei gaben 88.8 % Deutsch als ihre Muttersprache an.

8.4 Testwertberechnung

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Tests, der eine Aussage über die Ausprägung des CDWs von angehenden Lehrkräften zu Schülervorstellungen zulässt. Um dies realisieren zu können wird ein Summenwert benötigt, anhand dessen eine solche Aussage getroffen werden kann. Der Summenwert setzt sich dabei aus den erreichten Punkten zusammen, die die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer durch eine geeignete Einschätzung von Antwortmöglichkeiten (Items) zu den ins-

gesamt 15 entwickelten Unterrichtsvignetten erhalten haben. Um die Einschätzungen der Probandinnen und Probanden bepunkten zu können, wird ein Abgleich mit der Lösung der entwickelten Auswertungsnorm vorgenommen (Kapitel 7). Für die Bewertung von Testitems, anhand einer definierten Norm, sind prinzipiell mehrere Auswertungsstrategien (z. B. Paarvergleiche) denkbar (z. B. Artelt et al., 2009; Tepner & Dollny, 2014; Witner & Tepner, 2011a). Einen Überblick über die zwei Möglichkeiten zur Punktevergabe auf Itemebene sowie mithilfe von Itemrelationen liefert der Beitrag von Rutsch, Vogel, Rehm und Dörfler (2018).

In der vorliegenden Studie wird die Punktevergabe auf Itemebene vorgenommen (vgl. weitergehend: Meschede et al., 2015). Es wird dieses Punktevergabesystem bevorzugt, da sich für jedes einzelne Item eine begründete Antwort aus den Rückmeldungen der Expertinnen und Experten sowie der fachdidaktischen Literatur (Referenzwert) ableiten lässt (vgl. auch Anhang A2). Da es sich bei den Items um unabhängige Aussagen handelt, die nicht zueinander in Relation gesetzt werden müssen, bietet sich eine Auswertung anhand Itemrelationen nicht an (vgl. weitergehend: Rutsch, Vogel, Rehm et al., 2018). Vielmehr wird für jedes Item separat überprüft, ob das Ankreuzverhalten der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer auf der sechsstufigen Ratingskala mit dem Referenzwert des Lösungsmanuals übereinstimmt. Je nach Abweichung der Antworten der angehenden Lehrkräfte zum Referenzwert können in dieser Studie pro Item 0; 1; 2 oder 3 Punkt(e) erreicht werden. Stimmt die Antwort der Befragten mit dem Referenzwert überein, erhalten sie 3 Punkte. Befindet sich das Kreuz nahe an der „optimalen“ Antwort, können bei einer Abweichung von $|x| = 1$ noch 2 Punkte und bei einer Abweichung von $|x| = 2$ noch 1 Punkt erzielt werden. Alle Antwortmöglichkeiten, die nicht beantwortet werden oder eine Abweichung von $|x| > 2$ zum Referenzwert aufweisen, werden mit 0 Punkten gewertet (Eine grafische Darstellung dieses Vorgehens findet sich bei Rutsch, Vogel, Rehm et al., 2018, 30 f.). Es wird das „mildere“ Vorgehen einer partiellen Punktevergabe gewählt, da es sich bei der Stichprobe um angehende Lehrkräfte mit weniger Berufserfahrung handelt (Rutsch, 2016). Zudem kann durch die Vergabe von Teilpunkten berücksichtigt werden, dass in der Fachdidaktik nur selten eine Bewertung von eindeutig richtigen oder falschen Antwortalternativen möglich ist (Dollny, 2011; Schmelzing et al., 2008). Die erzielten Punkte innerhalb einer Vignette werden anschließend zu einem Gesamtscore aufaddiert, also gemäß

dem score-basierten Ansatz, zu einem Vignettensummenscore zusammengefasst (Cook, Dodd & Fitzpatrick, 1999). Im Hinblick auf das verwendete Testverfahren bietet sich der gewählte Ansatz besonders an, da jener, die bei Vignettentests vorhandene Testletstruktur (Bühner, 2011; Wainer & Kiely, 1987) in der Auswertung psychometrisch berücksichtigen kann. Das genaue Vorgehen und die Gründe zur Bildung eines Vignettensummenscores anhand des score-basierten sowie item-basierten Ansatzes kann bei Rutsch, Vogel und Rehm et al. (2018) nachverfolgt werden. Bei der gewählten Punktevergaberegel (0; 1; 2 oder 3 Punkt(e)) können bspw. nach dem score-basierten Ansatz bei einer Vignette mit 7 Items zwischen 0 bis 21 Punkte (Vignettensummenscore) erreicht werden. Im Zuge des „milderen" Vorgehens bei der Punktevergabe werden zudem 0 Punkte vergeben, wenn einzelne Items (bewusst oder versehentlich) nicht angekreuzt wurden. Da die Anzahl an Items pro Vignette variiert (zwischen 1 und 9 Items), führt dies zu einem Ungleichgewicht im Hinblick auf die maximal zu erreichende Punktzahl pro Vignette (zwischen 3 und 27 Punkten). Aufgrund dessen wird der Mittelwert für jeden Vignettensummenscore gebildet, sodass eine Gleichgewichtung der erreichten Punkte von Vignetten mit hohen und niedrigen Itemzahlen erreicht wird. Somit beträgt die mittlere maximale Punktzahl pro Vignette 3 Punkte. Die insgesamt erlangten Punkte pro Vignette stellen die Basis der Vignettenauswertung und der daran anschließenden Analyseverfahren dar (Eckes, 2015). Je mehr korrekte Einschätzungen zur fachdidaktischen Eignung der Items von den befragten, angehenden Lehrkräften vorgenommen werden bzw. je näher sie am Referenzwert liegen, desto höher liegen auch die erreichten Vignettensummenscores. Inhaltlich spricht dies für ein ausgeprägteres CDW zu Schülervorstellungen.

8.5 Statistische Analysen

Deskriptive Statistiken, Analysen zur Stichprobenbeschreibung und die Beurteilung der psychometrischen Eigenschaften des entwickelten Testinstruments erfolgten auf manifester Ebene mit der Software IBM SPSS Statistics Version 22 (IBM Corporation, 2013). In diesem Zuge werden zentrale Kennwerte der deskriptiven statistischen Überprüfung (Mittelwert, Standardabweichung), die Itemschwierigkeiten und Trennschärfen der Vignetten sowie die Reliabilität berichtet. Es ist hierbei zu beachten, dass sich die Itemanalyse auf die Vignettensummescores und nicht

die einzelnen Handlungsalternativen bezieht. Zur Bestimmung des Schwierigkeitsindexes von Items die auf einer mehrstufigen Skala beurteilt werden, werden die im Mittel erreichten Punkte pro Item und die maximal zu erreichenden Punktzahl für jedes Item in die Berechnung einbezogen (Bortz & Döring, 2006). Der Vignetten-Schwierigkeitsindex P_i einer Vignette i ermittelt sich hierbei über den Quotienten aus dem Mittelwert und der maximal erreichbaren Punktzahl pro Vignette. Ein hoher Wert spricht dafür, dass die Testaufgaben leichter zu lösen sind, da sie von mehreren Studienteilnehmenden richtig beantwortet werden. Analog stehen niedrige Werte für ein schwierigeres Item, dass von weniger Befragten gelöst werden kann. Um sicher zu stellen, dass ein Testinstrument zwischen verschiedenen Leistungsbereichen differenzieren kann, sollen die Schwierigkeiten der Testaufgaben in einem Bereich von $0.05 < P_i < 0.95$. gleichmäßig variieren (Kelava & Moosbrugger, 2012). Des Weiteren macht die Trennschärfe bzw. der Trennschärfekoeffizient r_{it} eine Aussage darüber, „wie gut ein einzelnes Item das Zielkonstrukt des Tests misst bzw. wie hoch das Item mit dem Gesamttestwert korreliert“ (Döring & Bortz, 2016a, S. 477). Daher erfolgt die Berechnung des Indexes für die Trennschärfe in SPSS über eine sogenannte „korrigierte Item-Skala-Korrelation“, die die Korrelation zwischen dem Item und der Gesamtheit der Skala wiedergibt. Die Korrektur gewährleistet, „dass keine Itemvarianz in die Varianz des Skalenwertes eingeht, was die Item-Skalenwert-Korrelation und damit die Trennschärfe überschätzen würde“ (Lange, 2010, S. 124). Bortz und Döring (2006) bezeichnen Trennschärfen im Bereich von $0.3 < r_{it} < 0.5$ als mittelmäßig – Werte darüber werden als hoch interpretiert.

Da auf der Grundlage von theoretischen Vorüberlegungen, sowohl für die Dimensionalität des Tests (erstes Forschungsanliegen), als auch für die Zusammenhänge zu weiteren Selbstberichtsdaten (zweites Forschungsanliegen) gerichtete Annahmen abgeleitete werden konnten (Kapitel 6), werden mit dem Statistikprogramm M*plus* Version 7.3 (Muthén & Muthén, 1998 – 2014) Strukturgleichungsmodelle („structural equation models“, SEM) berechnet. Strukturgleichungsmodelle ermöglichen die gemeinsame Modellierung mehrerer latenter Konstrukte innerhalb eines Modells. Dadurch kann nicht nur eine Aussage über das Zusammenwirken zwischen den beteiligten Konstrukten getroffen werden, sondern auch über die Qualität der einzelnen spezifizierten Messmodelle (Werner, Schermelleh-Engel, Gerhard &

Gäde, 2016). In dieser Arbeit werden konfirmatorische Faktorenanalysen (CFA) durchgeführt. Zum einen, um zu überprüfen, ob sich die Konstrukte tatsächlich so wie angenommen operationalisieren lassen und zum anderen, um die postulierten Zusammenhänge der latenten Variablen zu untersuchen. Die Analyse der zunächst theoretisch aufgestellten Modelle erfolgt dabei unter Berücksichtigung mehrerer Voraussetzungen und der Beurteilung sogenannter Modellfits. Da dies zum Verständnis der folgenden Ergebnisse relevant ist, wird darauf nachstehend näher eingegangen.

Überprüfung der Voraussetzungen

Die multivariate Normalverteilung ist neben einem intervallskalierten Skalenniveau der verwendeten Variablen eine notwendige Voraussetzung zur Berechnung von konfirmatorischen Faktorenanalysen (Bühner, 2011; Pospeschill, 2010). Aus diesem Grund wurde zunächst die univariate Normalverteilung, als Voraussetzung der multivariaten Normalverteilung, überprüft (Looney, 1995). Für die entwickelten Items des Vignettentests kann die univariate Normalverteilung bestätigt werden (Kolmogorow-Smirnow-Test $p > 0.05$), allerdings lässt sich dies nicht für alle weiteren, herangezogenen Selbstberichtsdaten zeigen. Um eine mögliche Verletzung der multivariaten Normalverteilung zu berücksichtigen wird daher das robuste Maximum-Likelihood-Schätzverfahren (MLR) verwendet (Kline, 2015). Es handelt sich hierbei um eine Erweiterung des klassischen Maximus-Likelihood-Schätzers (ML), der gegenüber nicht-normalverteilten Daten robust ist (Christ & Schlüter, 2012). Zudem korrigiert dieser Schätzer die Standardfehler der Parameterschätzung sowie die Chi-Quadrat-Statistik der jeweils berechneten Modelle (Steinmetz, Matiaske, Berlemann, Fantapié Altobelli & Seidel, 2014). Wird bei der Verwendung des MLR-Schätzers ein Modellvergleich angestrebt, erfordert der χ^2-Differenztest allerdings eine Korrektur. Daher wird zum Modellvergleich auf die für diesen Zweck entwickelte Korrekturformel von Satorra und Bentler (2001) zurückgegriffen. Welche zusätzlichen Berechnungsschritte hierfür notwendig sind, können bei Christ und Schlüter (2012, S. 47 f.) nachgelesen werden.

Neben der Überprüfung von notwendigen Voraussetzungen zur Durchführung einer CFA werden die Daten auch einer Plausibilitätsprüfung (z. B. *basic*-Analyse) unterzogen, um zu einer stabilen Parameterschätzung zu kommen. Um das korrekte Einlesen bzw. Umwandeln des Datensatzes in das für M*plus* notwendige ASCII

(American Standard Code for Information Interchange)-Format sicherzustellen, wurde zunächst eine *basic*-Analyse durchgeführt, die eine deskriptive Zusammenfassung für alle im Datensatz verwendeten Variablen ausgibt. Bevor weitere Analyse angeschlossen wurden, wurde ein Abgleich der in M*plus* und SPSS erhaltenen Deskriptivstatistiken (u. a. Mittelwerte, Korrelationen) vorgenommen. Dies ist notwendig, da abweichende Werte erste Anhaltspunkte für mögliche Fehler beim Umwandeln bzw. Einlesen der Daten geben können. Da aufgrund fehlender Werte das bei M*plus* per Voreinstellung eingestellte „Full-Information-Maximum-Likelihood"-Schätzverfahren herangezogen wurde (8.6), muss berücksichtigt werden, dass dadurch möglicherweise die geschätzte deskriptive Statistik in M*plus* von entsprechenden Werten in SPSS minimal abweichen könnte. Um dennoch einen exakten Vergleich vornehmen zu können, wurde für die *basic*-Analyse der Befehl „Listwise on" (listenweiser Fallausschluss) aufgenommen, da die in SPSS berechneten Korrelationen und Kovarianzen ebenfalls auf den paar- oder listenweisen Fallausschluss zurückgreifen (Kleinke, Schlüter & Christ, 2017). Da die Überprüfung zeigte, dass die verglichenen Werte nahezu identisch sind, kann angenommen werden, dass die verwendeten Daten korrekt umgewandelt wurden und für anschließende Analysen herangezogen werden können.

Neben *basic*-Analysen, die das korrekte Einlesen des Datensatzes in das erforderliche ASCII-Format überprüfen, wird auch das Verhältnis des Stichprobenumfangs zur Anzahl schätzender Parameter betrachtet. Im Rahmen dieser Arbeit wird sich an die Empfehlung gehalten, dass pro zu schätzendem Parameter mindestens fünf Personen im Datensatz vorhanden sind (Bentler & Chou, 1987).

Bevor die einzelnen Parameterschätzungen inhaltlich sinnvoll gedeutet werden können, lässt sich die Passung zwischen Modell und empirischen Daten anhand mehrerer Modellgütekriterien beurteilen. Um eine Aussage über die Qualität der (korrekt) spezifizierten Modelle treffen zu können, werden die in der Testtheorie allgemein empfohlenen Kennwerte herangezogen (Bühner, 2011). Zunächst kann die Modellgüte mit einem inferenzstatischen Test (χ^2-Test) beurteilt werden. Der Chi-Quadrat-Wert (χ^2) gibt dabei Auskunft über die Anpassungsgüte zwischen Modell und Daten. Dabei sollte der χ^2-Wert möglichst klein ausfallen und der p-Wert über 0.05 liegen. In diesem Fall weist ein nicht signifikantes Ergebnis darauf hin, dass Modell und Daten nicht voneinander abweichen und das aufgestellte Modell

entsprechend zu den empirisch beobachteten Daten passt (Moosbrugger & Kelava, 2012). Die Chi-Quadrat-Teststatistik ist allerdings sensibel gegenüber bestimmten Dateneigenschaften, wie bspw. der multivariaten Normalverteilung der verwendeten Variablen und einer hinreichend großen Stichprobe (Bühner, 2011). Da beide Voraussetzungen im vorliegenden Datensatz z. T. nicht erfüllt sind, werden zur Beurteilung des Modellfits ergänzend deskriptive Gütekriterien herangezogen. An dieser Stelle wird bspw. empfohlen, das Verhältnis aus dem Chi-Quadrat-Wert und der Zahl der Freiheitsgrade (*df*) zu bestimmen (Weiber & Mühlhaus, 2014). Hierüber kann ebenfalls eine Aussage getroffen werden, inwieweit das Modell eine akzeptable Annäherung an die Daten darstellt. Bislang gibt es allerdings noch keinen festgelegten Grenzwert für das Verhältnis von χ^2/df. Homburg und Baumgartner (1995, S. 172) schlagen ein Verhältnis kleiner oder gleich 2.5 vor, an das sich in dieser Arbeit ebenfalls gehalten wird. Darüber hinaus können absolute, wie z. B. Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) und relative deskriptive Gütekriterien, wie z. B. der Comparative-Fit-Index (CFI), betrachtet werden (zum Nachlesen des Unterschiedes zwischen absoluten und relativen Gütekriterien: Werner et al., 2016, S. 967). In der nachfolgenden Tabelle 8.3 können die Werte zur Modellevaluation entnommen werden, die auf gute bzw. akzeptable Fitindizes hinweisen. Neben der Beurteilung des exakten (χ^2-Test) und approximativen Modellfits (RMSEA, CFI), kann auch der lokale Modellfit betrachtet werden (Bühner, 2011). Hierfür wird die Signifikanz der Faktorladungen (FL) sowie deren Höhe beurteilt. Anhand der Höhe der (signifikanten) Faktorladung kann eine Aussage darüber gemacht werden, wie gut die einzelnen geschätzten Modellparameter den zugrunde liegenden Faktor messen. Homburg und Giering (1996) empfehlen Items mit einer geringeren Faktorladung als 0.4 auszuschließen bzw. nur Items beizubehalten, die als Grenzwert für die Faktorladung mindestens einen Wert von 0.4 aufweisen.

Tabelle 8.3. Überblick über ausgewählte Modellfits und Anspruchsniveaus zur Beurteilung der Messmodelle in dieser Arbeit (u. a. zusammengestellt aus Bühner, 2011; Homburg & Baumgartner, 1995; Moosbrugger & Kelava, 2012)

Maße zur Beurteilung des Modells und der Skalen	**Anspruchsniveau**
Exakter Modellfit	
χ^2/df	≤ 2.5 gute Anpassung ≤ 3.0 akzeptable Anpassung
Approximative Modellfits	
RMSEA	≤ 0.05 gute Anpassung ≤ 0.08 akzeptable Anpassung
CFI	≥ 0.97 gute Anpassung ≥ 0.95 akzeptable Anpassung 0.9 Mindestwert
Lokaler Modellfit	
Faktorladung	≥ 0.4
Interne Konsistenz	
Omega ω	≥ 0.6
Cronbachs α	≥ 0.6

Als Maß für die Schätzung der internen Konsistenz wird auf latenter Ebene McDonalds Omega ω berechnet (McDonald, 1981, 1999). Für einen besseren Vergleich der internen Konsistenz zu anderen Testverfahren zum Professionswissen in der Fachdidaktik wird zusätzlich Cronbachs Alpha (α) als manifester Kennwert angegeben. Im Vergleich zu dem üblicherweise berichteten Cronbachs α ist McDonalds ω allerdings in seinen Schätzungen weitgehend verlässlicher und wird daher empfohlen (Für die Berechnung von ω: McNeish, 2018; für eine ausführliche Gegenüberstellung von ω zu α: Dunn, Baguley & Brunsden, 2014). In der Literatur werden unterschiedliche Grenzwerte für Cronbachs Alpha angeführt. Field (2013, S. 709) visiert für Leistungstests einen α-Wert von ≥ 0.7 an, wohingegen von Robinson, Shaver, Wrightsman und Andrews (1991) auch Werte von ≥ 0.6 als ausreichend erachtet werden. Die COACTIV- und FALKO-Studie fassen die empfohlenen Grenzwerte allerdings nicht als strikte Cut-off-Bedingungen auf, sondern versuchen die Werte „jeweils in einer kritischen Zusammenschau mit normativen oder

theoretischen Aspekten“ (Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017, S. 42) zu überprüfen. Diesen Grundgedanken berücksichtigend, wird in dieser Studie ebenfalls die Beurteilung der Modellfits und weitere Kennwerte vorgenommen.

Für einen deskriptiven Modellvergleich können zudem die Maße AIC (Akaike Informationskriterium) und BIC (Bayesianische Informationskriterium) hinzugenommen werden, wobei dasjenige Modell mit den kleineren AIC-, BIC-Werten zu wählen ist (Geiser, 2011). Neben diesen Gütekriterien zur Beurteilung der Modellpassung, gilt es mögliche Abhängigkeiten zwischen den Vignetten zu untersuchen (Rutsch, Vogel, Rehm et al., 2018). Dies wird bei der Auswertung durch den Rückgriff auf einen summenbasierten Testscore berücksichtigt (8.4).

Für die Untersuchung von Einflussfaktoren auf das CDW (drittes Forschungsanliegen) werden eine multiple und anschließend eine hierarchische Regressionsanalyse durchgeführt. Da die Berechnung latenter Regressionsmodelle in M*plus* aufgrund der kleinen Fallzahl keine konvergierten oder plausiblen Schätzungen vorweist, wird für das dritte Forschungsanliegen auf das Statistikprogramm SPSS 22 zurückgegriffen. Die Regressionsanalyse in SPSS stützt sich allerdings auf die in M*plus* ausgegebenen latenten Summenwerte[34]. Diese werden für die Analysen genutzt, da messfehlerbereinigte und über ein robustes Verfahren (MLR) geschätzte fehlende Werte in diesem Fall eine validere Lösung darstellen, als die in SPSS möglichen Optionen des paar- oder listenweisen Fallausschlusses (8.6).

Für alle Berechnungen innerhalb der drei Forschungsanliegen wird ein Signifikanzniveau von $\alpha \leq 0.05$ angelegt. Zur Interpretation der gefundenen Effekte bzw. Höhe der Korrelationen wird sich an den Empfehlungen von Gignac und Szodorai (2016, S. 75) orientiert. Ihre Richtlinien von 0.15, 0.25 und ab 0.35 für kleine, mittlere und starke Zusammenhänge sind dabei etwas weniger anspruchsvoll als die von Cohen (1988, 1992).

8.6 Umgang mit fehlenden Werten

Es stehen verschiedene Methoden beim Vorliegen fehlender Werte (Missing Data) zur Verfügung (vgl. Übersichtsartikel: Baraldi & Enders, 2010; Lüdtke, Robitzsch,

[34] Mit dem Befehl „Savedata: save=“ können die in M*plus* geschätzten messfehlerbereinigten Faktorwerte gespeichert werden (Geiser, 2011).

Trautwein & Köller, 2007; Tabachnick & Fidell, 2010). Verfahren, die sich dem fall- oder paarweisen Ausschluss bedienen und damit komplette Datensätze aus den Analysen entfernen, führen zum Teil zu einer deutlich reduzierten Fallzahl. Aufgrund dieser Problematik wird in empirischen Studien zunehmend auf modell- und imputationsbasierte Verfahren zurückgegriffen, die über Algorithmen die fehlenden Werte neu schätzen bzw. ersetzen. Allerdings muss bei diesen Behandlungsmethoden das Zustandekommen der fehlenden Werte berücksichtigt werden. Auf Rubin (1976) geht eine allgemein anerkannte Konzeption zur Charakterisierung fehlender Werte zurück. Hierbei werden die im Datensatz vorhandenen „Lücken" angesichts der Zufälligkeit ihres Auftretens nach MCAR (Missing Completely At Random), MAR (Missing At Random) oder MNAR (Missing Not At Random) klassifiziert. Die Unterteilung ist notwendig, da die Auswahl und Anwendung eines geeigneten Verfahrens zum Umgang der Missings, unter Berücksichtigung des jeweils vorliegenden Rubin-Typens (MAR, MNAR, MCAR), erfolgt. Baraldi und Enders (2010) verdeutlichen mit Beispielen aus bildungswissenschaftlichen Studien, dass hier das Vorkommen von fehlenden Werten zumeist als MAR bzw. MCAR einzustufen ist. Unter diesem Gesichtspunkt scheint es gerechtfertigt zu sein von einer MCAR-Annahme auszugehen.

Da wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, der Großteil der statistischen Analysen mit dem Programm M*plus* durchgeführt wird, kann zum Umgang mit fehlenden Werten auf das genannte „Full-Information-Maximum-Likelihood-Schätzers" („FIML")-Schätzverfahren zurückgegriffen werden. Bei der Anwendung dieser Schätzmethode wird vorausgesetzt, dass die im Datensatz vorhandenen Missings zufällig und nicht systematisch (MAR-Annahme) vorliegen (Wirtz, 2004) und kann laut der voranstehenden Erklärung angenommen werden. Dieser Schätzer liegt in M*plus* bereits voreingestellt vor und wird daher standardmäßig verwendet. Insbesondere bei der Analyse von Strukturgleichungsmodellen gilt er als zuverlässiges Schätzverfahren (Enders, 2001; Graham, 2009; Lüdtke et al., 2007). Im Rahmen der, auf Strukturgleichungsmodellierung basierenden, bivariaten Korrelationsanalysen wurden für folgende Skalen (*Kognitive Aktivierung, Keine Unterrichtsstörungen, Fach-/Unterrichtsenthusiasmus, Kognitiver Umgang mit Fehlern, Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler*) fehlende Daten mithilfe des FIML-Verfahrens geschätzt.

9 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse folgt nachstehend in der Abfolge der formulierten Forschungsanliegen (Kapitel 6). Die Entwicklung und Validierung eines Vignettentests zur Erfassung des CDWs von angehenden Lehrkräften zu Schülervorstellungen bildet dabei das grundlegende Anliegen dieser Studie. Als ein Aspekt des Validierungsprozesses, wird dabei zunächst die Struktur des untersuchten Konstruktes CDWs überprüft (Forschungsanliegen 1, 9.1). Neben der faktoriellen Validität, werden in diesem ersten Abschnitt zudem die Befunde der konvergenten und diskriminanten Validierung dargestellt. Überdies werden Zusammenhänge des CDWs zu weiteren Kompetenzaspekten berichtet (Forschungsanliegen 2, 9.2). Mit dem dritten Forschungsanliegen abschließend, wird der Einfluss verschiedener Prädiktoren auf das CDW untersucht (9.3).

9.1 Forschungsanliegen 1

Im Rahmen des ersten Forschungsanliegens wird zunächst die erwartete zweidimensionale Struktur (*Hypothese 1*) mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse (CFA) überprüft.

9.1.1 Faktorielle Validität

Zur Untersuchung der theoretisch postulierten zweidimensionalen Struktur wird auf die Daten aller befragten angehenden Lehrkräfte zurückgegriffen (N = 89). Bezüglich des Abschneidens im Test zeigen sich zwischen den angehenden Lehrkräften mit und ohne Chemie keine signifikanten Unterschiede bei kleinen Effektstärken. Angesichts der kleinen Stichprobe werden daher die 17 Probandinnen und Probanden anderer Fächer in die Analyse des ersten Forschungsanliegens zur Strukturüberprüfung aufgenommen. Alle weiteren Forschungsanliegen beziehen lediglich Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer des Faches Chemie ein (n = 72).

Wie in Kapitel 8.5 erläutert wird zur Parameterschätzung das robuste MLR-Schätzverfahren herangezogen, um einer möglichen Verletzung der multivariaten Normalverteilung vorzubeugen (Backhaus, Erichson & Weiber, 2015; Muthén &

Muthén, 1998 – 2014). Zur Beurteilung der Messmodelle wird sich an die in Tabelle 8.3 aufgeführten Schwellenwerte gehalten (vgl. S. 152).

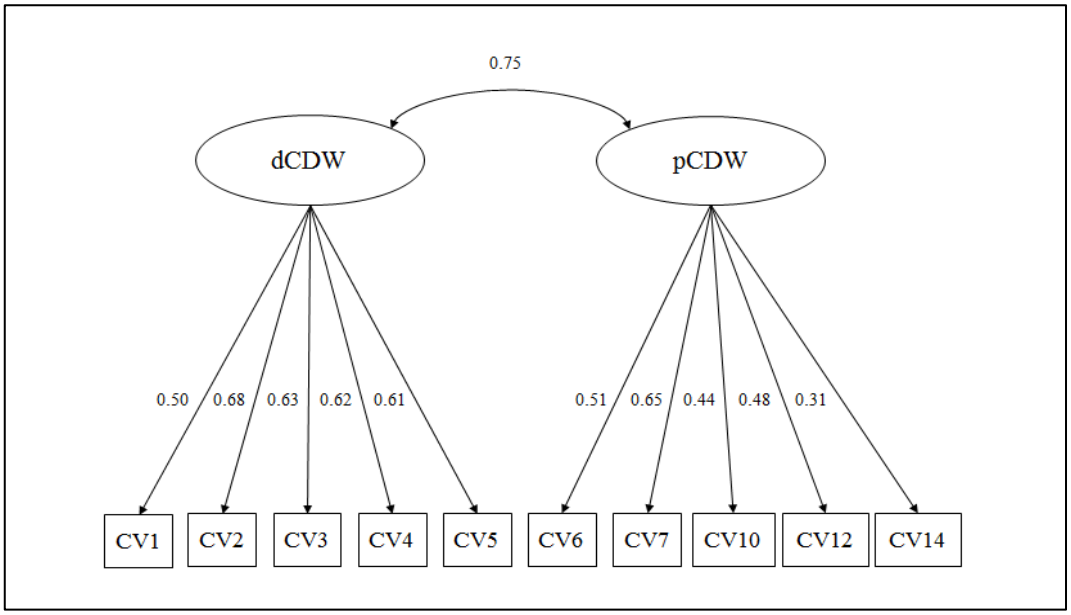


Abbildung 9.1. Zweidimensionales Modell mit den Dimensionen deklaratives (dCDW) und prozedurales chemiedidaktisches Wissen zu Schülervorstellungen (pCDW).

Das geschätzte zweidimensionale Modell weist folgenden Modellfit auf: χ^2 (df = 34) = 34.679, p = 0.435, χ^2/df = 1.020, RMSEA = 0.015, TLI = 0.993, CFI = 0.955. Neben den Pfeilen in der Abbildung 9.1 stehen die entsprechenden Faktorladungen für die verbliebenen Testitems pro Dimension (zwischen 0.31 und 0.68, alle ps $\leq$ 0.05). Die latente Korrelation der beiden Dimensionen (dCDW, pCDW) liegt allerdings mit 0.75 (p < 0.001) in einem hohen Bereich. Dies deutet auf eine mögliche Eindimensionalität hin. Daher wird auch ein eindimensionales Modell geschätzt. Es ist erkennbar, dass auch das eindimensionale Modell zufriedenstellend zu den Daten passt (χ^2 (df = 35) = 41.560, p = 0.207, χ^2/df = 1.187, RMSEA = 0.046, TLI = 0.935, CFI = 0.949). Die Höhe der in Abbildung 9.2 dargelegten Faktorladungen (zwischen 0.31 und 0.67, alle ps $\leq$ 0.05) sind vergleichbar zu denen des zweidimensionalen Modells (zwischen 0.31 und 0.67, alle ps $\leq$ 0.05).

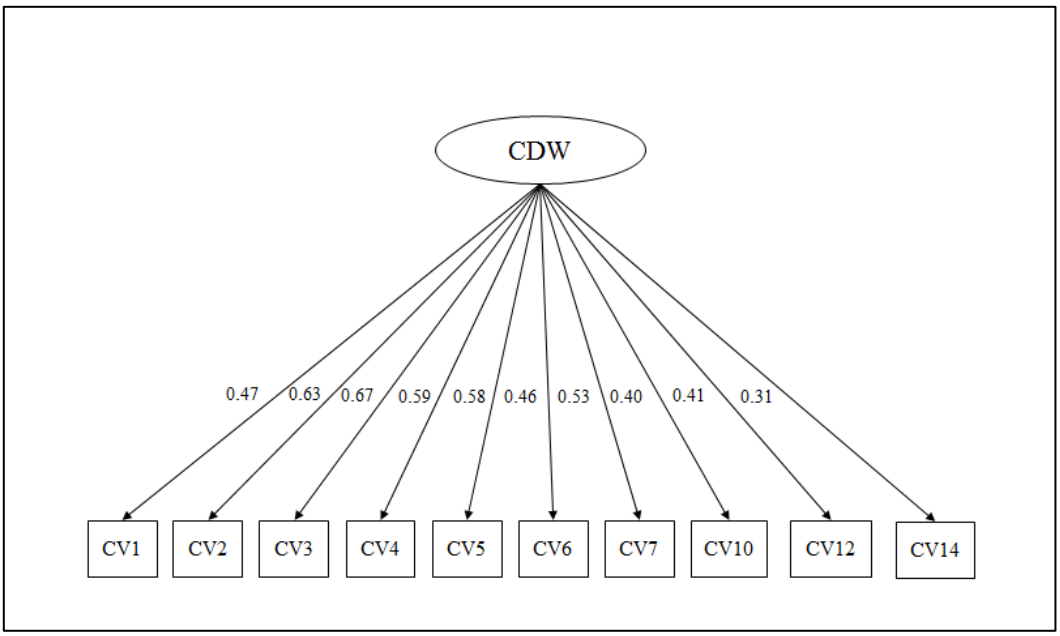


Abbildung 9.2. Eindimensionales Modell mit der Dimension „Chemiedidaktisches Wissen zu Schülervorstellungen“ (CDW).

Angesichts dieser Ergebnisse wird mithilfe eines Modellvergleichs überprüft, welches der beiden Modelle auf eine signifikant bessere Modellpassung der Daten hinweist. Für einen deskriptiven Modellvergleich können die Maße AIC (Akaike Informationskriterium) und BIC (Bayesianische Informationskriterium) herangezogen werden, wobei dasjenige Modell mit den kleineren AIC-, BIC-Werten zu wählen ist (Geiser, 2011).

Gegenüber dem eindimensionalen Modell (AIC = 1160.85, BIC = 1235.51) weist das zweidimensionale Modell (AIC = 1156.49, BIC = 1233.64) kleinere Werte auf. Konventionsgemäß wird allerdings ein Modellvergleich auf Grundlage der χ^2-Differenzstatistik angestrebt (Christ & Schlüter, 2012). Bei der Verwendung des robusten MLR-Schätzers muss dabei für den χ^2-Differenztest eine zusätzliche Berechnung mit einer von Satorra und Bentler (2001) entwickelten Korrekturformel vorgenommen werden (ausführlichen Schritte hierfür siehe: Kleinke et al., 2017, S. 47 f.). Die Berechnung des Satorra-Bentler χ^2-Differenztests zeigt, dass das zweidimensionale gegenüber dem eindimensionalen Modell eine signifikante Verbesserung der Modellpassung bedingt. Dieses Ergebnis und die besseren Modellfits des zweidimensionalen Modells bestätigen, dass die zweidimensionale Struktur die Daten signifikant besser beschreiben kann als das eindimensionale Vergleichsmodell ($\Delta\chi^2$ (Δdf = 1) = 6.881 p = 0.009). Dementsprechend wird für die nachfolgenden Berechnungen das zweidimensionale Modell herangezogen.

In der nachstehenden Tabelle 9.1 ist eine vergleichende Übersicht der Werte aufgeführt, die die erste Hypothese bestätigen.

Tabelle 9.1. Modellfits des ein- und zweidimensionalen Modells im Vergleich

Modell	***MLR*χ^2**	***df***	***p***	**CFI**	**RMSEA**	$\Delta\chi^2$	Δdf	***p***
Eindimensionales Modell	41.560	35	0.207	0.949	0.046			
Zweidimensionales Modell	34.679	34	0.435	0.995	0.015	6.881	1	< 0.01

Anmerkungen. N = 89. *MLR*χ^2: Bei der Verwendung des robusten MLR-Schätzers findet der χ^2-Differenztest mit einer zusätzlichen Berechnung anhand der von Satorra und Bentler (2001) statt. CFI = Comparative-Fit-Index, RMSEA = Root Mean Square Error of Approximation.

Psychometrische Eigenschaften

Von den ursprünglich 15 entwickelten Vignetten lassen sich bei der Strukturüberprüfung jeweils fünf Items den beiden Dimensionen des deklarativen und prozeduralen CDWs zuordnen. Die Qualität des entwickelten Testinstruments kann zudem anhand psychometrischer Eigenschaften (deskriptive Analysen[35]) der eingesetzten Items bzw. einzelnen Testskalen zum CDW beurteilt werden.

Ergebnisse der Itemanalyse: Itemschwierigkeiten und Trennschärfen

Die zentralen Kennwerte der Itemanalyse sind für die verbliebenen Vignetten pro Dimension (dCDW, pCDW) in der folgenden Tabelle 9.2 aufgelistet. Für beide Dimensionen weisen die Itemschwierigkeiten ($0.30 \leq P_i \leq 0.50$) und Trennschärfen ($0.21 \leq r_{it} \leq 0.6$) akzeptable Kennwerte auf. Zwei Vignetten (CV 6, CV 14) unterschreiten mit 0.21 bzw. 0.29 nur minimal die untere Grenze der Trennschärfe (Bühner, 2011, S. 81: $r_{it} \geq 0.30$), werden aus inhaltlichen Gründen aber beibehalten. Als Kriterium zur Beurteilung der Schwierigkeiten der Vignetten wurde hier der Quotient, gebildet aus dem Mittelwert durch die maximal erreichbare Punktzahl (hier: 3 Punkte) der einzelnen Vignette, herangezogen. Die durchschnittliche Itemschwierigkeit liegt für beide modellierten Wissensarten in einem ähnlichen Bereich ($M_{\text{dCDW}} = 0.42$, $SD_{\text{dCDW}} = 0.05$, $M_{\text{pCDW}} = 0.43$, $SD_{\text{dCDW}} = 0.06$). Die Items decken

[35] Da die gängige Software für deskriptive Analysen SPSS (IBM Corporation, 2013) darstellt, werden die nachfolgenden Ergebnisse mithilfe dieses Programms ermittelt.

damit einen eher mittleren Schwierigkeitsbereich ab. Im Hinblick auf die mittlere Trennschärfe repräsentieren die einzelnen Testaufgaben für das deklarative CDW (M_{dCDW} = 0.51, SD_{dCDW} = 0.06) die Skala etwas besser als für das prozedurale CDW (M_{pCDW} = 0.34, SD_{pCDW} = 0.09).

Tabelle 9.2. Ergebnisse der Itemanalyse

Variablen-beschriftung	$M_{Vignette}$	P_i	r_{it}
dCDW			
CV1	1.10	0.37	0.42
CV2	1.17	0.39	0.61
CV3	1.14	0.38	0.46
CV4	1.51	0.50	0.53
CV5	1.31	0.44	0.51
M		0.42	0.51
SD		0.05	0.06
pCDW			
CV6	1.38	0.46	0.29
CV7	1.49	0.50	0.48
CV10	1.10	0.37	0.37
CV12	1.07	0.36	0.34
CV14	1.42	0.47	0.21
M		0.43	0.34
SD		0.06	0.09

Anmerkungen. N = 89. P_i = Itemschwierigkeit, r_{it} = Trennschärfe (entsprechend der korrigierten Item-Skala-Korrelation). Maximale Punktzahl pro Vignette = 3 Punkte.

Deskriptive Statistik und Testwertverteilung der Gesamtskalen

Da sich die angenommene, zweidimensionale Struktur in den Daten bestätigt, wird für alle weiteren Berechnungen jeweils ein Gesamtscore für das deklarative und prozedurale CDW aus den fünf entsprechenden Vignettenscores gebildet (8.4). Im Rahmen der deskriptiven Untersuchungen werden daher im folgenden Abschnitt

auch die zentralen Kennwerte (Mittelwert, Standardabweichung, interne Konsistenz) dieser Gesamtskalen berichtet.

Das Ausmaß der internen Konsistenz wird auf latenter Ebene (in M*plus*) mithilfe des Reliabilitätskoeffizienten McDonalds Omega (ω) und auf manifester Ebene (in SPSS) anhand dem Alphakoeffizienten (α) von Cronbach beurteilt. Die interne Konsistenz des Testscores für die Dimension des deklarativen Wissens (McDonalds ω = 0.75, Cronbachs α = 0.74) kann als gut eingeschätzt werden. Im Vergleich dazu fällt das Maß der internen Konsistenz für die Vignetten zur Dimension des pCDW etwas geringer aus (McDonalds ω = 0.60, Cronbachs α = 0.57). Der Reliabilitätswert für die Skala des prozeduralen CDWs liegt damit etwas unter dem angestrebten Wert für Leistungstests von 0.7 (Field, 2013, S. 709). Angesichts dessen das beide vorliegenden Skalen allerdings nur aus fünf Items bestehen, können die Werte als zufriedenstellend angesehen werden.

Tabelle 9.3. Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der zwei Skalen CDWs

Gesamtskala (Itemanzahl)	***M***	***SD***	***Min***	***Max***	**α**	**ω**
Testscore **dCDW** (*n* = 5)	6.22	1.83	1.76	10.57	0.74	0.75
Testscore **pCDW** (*n* = 5)	6.47	1.41	3.46	10.08	0.57	0.60

Anmerkungen: *N* = 89. Maximal zu erreichende Punktzahl = 15 Punkte.

Weiterhin kann die Normalverteilungsannahme anhand des Shapiro-Wilk-Test für die Testscores beider Dimensionen der Probandinnen und Probanden bestätigt werden ($p > 0.05$). Bei Betrachtung der im Mittel erreichten Punkte zeigt sich, dass die Ausprägung der beiden Skalen vergleichbar ist. Die durchschnittliche Testleistung aller Befragten liegt für die Vignetten der Dimension des deklarativen CDWs bei 6.22 Punkten. Die höchste Testpunktzahl, die für diese Dimension erreicht wurde, waren 10.57 Punkte. Für die Vignetten der Dimension des prozeduralen CDWs werden im Durchschnitt etwa gleich viele Punkte erzielt (vgl. Tabelle 9.3).

9.1.2 Konvergente und diskriminante Validität

Neben der Analyse der Datenstruktur zielt das erste Forschungsanliegen zudem darauf ab, Hinweise auf die Konstruktvalidität, durch die Kontrolle von Zusammenhängen zwischen dem CDW und konstruktnahen sowie konstruktfernen Indikatoren zu erhalten. In M*plus* werden zur konvergenten und diskriminanten Validierung latente Korrelationsanalysen mit ausgewählten Kriterien durchgeführt. Aufgrund der geringen Stichprobengröße können allerdings keine zusammengeführten Korrelationsberechnungen berichtet werden.

Vor der eigentlichen Auswertung werden im Abschnitt *Beschreibung der erfassten Variablen* zunächst die zentralen Modellfits für die Selbsteinschätzungsskalen betrachtet, die für die nachfolgenden präsentierten Korrelationsanalysen herangezogen wurden.

Beschreibung der erfassten Variablen

Die Skalen zu Fähigkeiten im Bereich der kognitiven Aktivierung und Klassenführung, die zur Überprüfung der konvergenten bzw. diskriminanten Validierung verwendet wurden, weisen akzeptable Modellfits auf (vgl. Tabelle 9.4). Weiterhin liefern die Reliabilitätswerte anhand von McDonalds Omega erste empirische Hinweise zur Qualität der hinzugezogenen Fragebogenskalen.

Tabelle 9.4. Modellfits und interne Konsistenzen der verwendeten Selbstberichtsdaten (Forschungsanliegen 1)

Skala (Itemanzahl)	ω	χ^2	*df*	*p*	RMSEA	CFI	TLI
Kognitive Aktivierung (8)	0.85	142.652	132	0.248	0.033	0.945	0.937
Keine Unterrichtstörungen (4)	0.75	85.368	74	0.173	0.046	0.925	0.908

Anmerkung. $n = 72$.

In *Hypothese 2a* wird ein positiver Zusammenhang zwischen den Dimensionen des CDWs und der Skala der *Kognitiven Aktivierung* postuliert. In Anbetracht der selbst eingeschätzten Fähigkeiten von angehenden Lehrkräften, Lernende kognitiv im Chemieunterricht zu aktivieren, können die angenommenen Zusammenhänge zum deklarativen ($r = 0.44$, $p = 0.04$) und prozeduralen CDW ($r = 0.56$, $p = 0.01$)

bestätigt werden. Wie vermutet fällt dabei der Zusammenhang zu der zweiten Wissenskomponente etwas höher aus. Neben der konvergenten Validität sollen auch Hinweise auf die diskriminante Validität des Testwerts gewonnen werden. Die in diesem Zuge postulierte *Hypothese 2b* nimmt entsprechend keine bzw. negative Zusammenhänge zwischen den Dimensionen des CDWs und dem untersuchten Klassenführungsaspekt, den Chemieunterricht ohne Unterrichtsstörungen gestalten zu können, an. Zusammenhänge zur Klassenführungs-Subskala *Keine Unterrichtsstörungen* fallen hinsichtlich der Richtung bzw. Stärke des Zusammenhangs erwartungskonform aus (dCDW: $r = -0.15$, $p = 0.63$; pCDW: $r = 0.04$, $p = 0.85$).

9.2 Forschungsanliegen 2

Das zweite Forschungsanliegen widmet sich mit zwei Hypothesen der (explorativen) Überprüfung von Zusammenhängen der zwei empirisch bewährten Dimensionen des CDWs zu weiteren Kompetenzaspekten. In diesem Zuge sind insbesondere Zusammenhänge zu intrinsisch-motivationalen Aspekten, wie dem Enthusiasmus und Umgang mit Fehlern seitens der Lehrkraft, von Interesse. Zur Aufklärung der Zusammenhänge zum *Lehrerenthusiasmus (Hypothese 3)* und zur *Fehlerorientierung (Hypothese 4)* wird jeweils der Testscore, den die angehenden Lehrkräfte im deklarativen und prozeduralen CDW erreicht haben, mit dem Summenscore zum *Fach-* und *Unterrichtsenthusiasmus* (Kunter, Frenzel et al., 2011) sowie mit dem Summenscore zu zwei Subskalen des multidimensionalen Konstruktes der *Fehlerorientierung* (Böhnke & Thiel, 2016) korreliert. Bevor die Ergebnisse der latenten bivariaten Korrelationen zwischen den Testscores und den genannten Konstrukten beschrieben werden, folgt auch an dieser Stelle zunächst eine kurze Beschreibung der erfassten Fragebogenskalen für beide Hypothesen.

Beschreibung der erfassten Variablen

Die Beziehung zwischen dem CDW und anderen Kriterien kann durch den Rückgriff auf Selbstberichtsdaten, die innerhalb der EKoL-Gesamterhebung gewonnen wurden, untersucht werden. Die in Tabelle 9.5 aufgeführten Werte erlauben erste Rückschlüsse auf die Qualität der hinzugezogenen Skalen zu ziehen.

Unter Ausschluss von je einem Item der Skalen zum *Unterrichts*- und *Fachenthusiasmus* lassen sich zufriedenstellende Modellfits feststellen. Die beiden verwendeten Subskalen des multidimensionalen Konstrukts der *Fehlerorientierung* weisen ebenfalls akzeptable Modellfits auf. Auch die jeweilige interne Konsistenz spricht durchgängig für eine akzeptable Qualität.

Tabelle 9.5. Modellfits und interne Konsistenzen der verwendeten Selbstberichtsdaten (Forschungsanliegen 2)

Skala (Itemanzahl)	ω	χ^2	*df*	*p*	RMSEA	CFI	TLI
Unterrichts-enthusiasmus (4)[a]	0.76	78.65	74	0.334	0.030	0.972	0.967
Fachenthusiasmus (4)[b]	0.88	80.60	74	0.281	0.035	0.971	0.964
Kognitiver Umgang mit Fehlern (3)	0.79	107.97	98	0.231	0.038	0.955	0.945
Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler (3)	0.85	107.97	98	0.231	0.038	0.955	0.945

Anmerkungen. $n = 72$.
[a] Reduzierte Skala (Item 5 wurde aufgrund einer nicht signifikanten Faktorladung entfernt).
[b] Reduzierte Skala (Item 8 wurde aufgrund einer niedrigen Faktorladung entfernt).

9.2.1 Korrelative Zusammenhänge zum *Lehrerenthusiasmus*

Hypothese 3 erwartet einen positiven Zusammenhang zwischen den Dimensionen des *Lehrerenthusiasmus* und des prozeduralen CDWs. Dabei kann in Bezug auf den *Unterrichtsenthusiasmus* ein signifikant positiver Zusammenhang zum prozeduralen CDW ($r = 0.35$, $p = 0.01$) von mittlerer Bedeutsamkeit nachgewiesen werden. Ein signifikanter Zusammenhang zum deklarativen CDW liegt nicht vor ($r = 0.03$, $p = 0.88$), wurde allerdings auch nicht postuliert. Niedriger, als die Zusammenhänge zum *Unterrichtsenthusiasmus*, fallen die Korrelationen zum *Fachenthusiasmus* aus und stellen sich darüber hinaus als nicht signifikant heraus (dCDW: $r = 0.16$, $p = 0.31$, pCDW: $r = 0.23$, $p = 0.16$). Demnach kann *Hypothese 3* angesichts des Zusammenhangs des prozeduralen CDWs zum *Unterrichtsenthusiasmus* zumindest in Teilen bestätigt werden.

9.2.2 Korrelative Zusammenhänge zu Aspekten der *Fehlerorientierung* von Lehrkräften

Der Zusammenhang des CDWs zum multidimensionalen Konstrukt der *Fehlerorientierung* wurde in *Hypothese 4* explorativ untersucht. Von den sechs Subskalen des Fragebogens (8.3) erweisen sich – nach vorheriger Überprüfung der manifesten Korrelationen – besonders die Skalen des *kognitiven Umgangs mit Fehlern* sowie der *Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler* als relevant. Latente Zusammenhänge können für diese beiden Subskalen in M*plus* bestätigt werden.

Es lassen sich signifikant positive Zusammenhänge des *kognitiven Umgangs mit Fehlern* im Unterricht sowohl zum deklarativen ($r = 0.51$, $p = 0.01$) als auch zum prozeduralen CDW ($r = 0.49$, $p = 0.01$) feststellen. Für die Subskala *Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler* zeigt sich lediglich für das prozedurale CDW ein signifikant positiver Zusammenhang ($r = 0.45$, $p = 0.01$). Wie auch beim *Lehrerenthusiasmus* bleiben signifikante Zusammenhängen zum deklarativen CDW aus ($r = 0.08$, $p = 0.64$). Der in *Hypothese 4* angenommene Zusammenhang des CDWs zum multidimensionalen Konstrukt der *Fehlerorientierung* lässt sich damit zum Teil für zwei von sechs Subskalen bestätigen.

9.3 Forschungsanliegen 3

Mit dem dritten Forschungsanliegen werden abschließend verschiedene Einflussfaktoren beleuchtet. Regressionsanalytisch wird geprüft, welche sich als inkrementelle Prädiktoren des CDWs feststellen lassen und Unterschiede in den Testleistungen zum deklarativen und prozeduralen CDW aufklären können. Bevor die Ergebnisdarstellung folgt, werden zunächst die hinzugezogenen Variablen vorgestellt und die für die Regressionsanalyse notwendigen Voranalysen berichtet.

Beschreibung der Kriteriums- und Prädiktorvariablen

Als abhängige Variablen gingen in die Analyse der Testscore für die Dimension des deklarativen (dCDW) und prozeduralen CDWs (pCDW) ein. Zur Beschreibung der Ergebnisse werden in diesem Kapitel jeweils die aufgeführten Abkürzungen verwendet. Psychometrische Eigenschaften dieser beiden Merkmale finden sich im Kapitel 9.1.1.

Als unabhängige Variablen werden Indikatoren formeller und informeller Lerngelegenheiten herangezogen. Um den Einfluss von fachspezifischen (formellen) Lerngelegenheiten auf die Dimensionen des CDWs zu untersuchen, wurde die Auswahl auf jene fachdidaktischen Themen eingegrenzt, die dem Arbeitsmodell und Vignettentest inhaltlich zugrunde liegen (Veranstaltungen *zu themenspezifischen Schülervorstellungen, zur Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoon, zu Maßnahmen der kognitiven Aktivierung, inhaltlichen Strukturierung* und *konstruktiven Unterstützung*).

In der nachstehenden Tabelle 9.6 wird dabei ersichtlich, wie die Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter durchschnittlich den Umfang einschätzten, in dem die erfragten Themen zum Umgang mit Schülervorstellungen an Pädagogischen Hochschulen[36] und Staatlichen Seminaren behandelt wurden. Die Einschätzung erfolgte auf einer fünfstufigen Likert-Skala (vgl. Abbildung 8.1). Die interne Konsistenz der Skalen zur Untersuchung des Umfangs von den genannten Themen in Veranstaltungen an Hochschulen ($\alpha = 0.81$) und Staatlichen Seminaren ($\alpha = 0.83$) liegt dabei in einem guten Bereich.

Tabelle 9.6. Verteilung der behandelten Themen in Veranstaltungen an der Hochschule und am Staatlichen Seminar

	Hochschule		**Staatliches Seminar**	
Behandelte Themen	*M*	*SD*	*M*	*SD*
1. Themenspezifische Schülervorstellungen	3.08	1.28	3.12	1.14
2. Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoon*s*	2.55	1.28	2.62	1.29
3. Gestaltung von kognitiv aktivierenden Lernsituationen	2.62	1.17	3.47	1.07
4. Maßnahmen der Lernunterstützung mit dem Fokus auf inhaltliche Strukturierung	2.08	0.77	3.05	1.21
5. Maßnahmen der Lernunterstützung mit dem Fokus auf konstruktive Unterstützung	2.03	0.86	2.82	1.19

Anmerkung. $n = 61$.

[36] Nachfolgend wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur von Hochschulen gesprochen.

Als Indikator informeller Lerngelegenheiten werden die während des Vorbereitungsdienstes gehaltenen Unterrichtsstunden betrachtet. Hier zeigt sich, dass die befragten Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter zum Zeitpunkt der Befragung durchschnittlich 12.12 Wochenstunden (*SD* = 2.27) unterrichteten.

Weiterhin wurden als Kontrollvariablen, Merkmale individueller Eingangsvoraussetzungen (Alter, Geschlecht, Abiturdurchschnittsnote) in die Regressionsanalyse einbezogen. Da das dritte Forschungsanliegen spezifisch auf Lerngelegenheiten im Vorbereitungsdienst ausgerichtet ist, beziehen sich die Analysen nur auf die Chemielehramtsanwärterinnen und -lehramtsanwärter (*n* = 61). 67.2 % der angehenden Chemielehrkräfte sind dabei weiblich. Zum Zeitpunkt der Befragung waren die Probandinnen und Probanden im Durchschnitt 27.25 Jahre (*SD* = 3.11, *Min* = 23 Jahre, *Max* = 41 Jahre) alt, wobei das Alter bei der Mehrheit der Befragten zwischen 25 und 30 Jahren lag. Als Indikator für kognitive Leistungsfähigkeiten wurde zudem die Abiturdurchschnittsnote erfragt. Die angegebenen Noten liegen dabei in einem Bereich zwischen 1.4 und 3.1 (*M* = 2.21, *SD* = 0.33).

Vorbereitende Datenanalyse:

Da zur Durchführung einer Regressionsanalyse verschiedene Voraussetzungen[37] erfüllt sein müssen, wurden diese zunächst überprüft. Dabei wurden z. B. die Regressionsresiduen und hier aufgrund der kleinen Fallzahl, alle Regressionsresiduen gemeinsam, auf die Normalverteilungsannahme hin untersucht. Die Überprüfung der (1) Summe der Regressionsresiduen erfolgte zum einen grafisch über ein Normalverteilungsdiagramm (Quantil-Quantil-Diagramm). Da die Daten alle sehr nahe an der eingezeichneten Diagonale in dem Q-Q-Plot liegen, kann von normalverteilten Residuen ausgegangen werden. Zusätzlich wurde die Normalverteilungsannahme mithilfe eines deskriptiven Analyseverfahrens kontrolliert. Hierbei zeigt sich, dass die Summe der Residuen gemäß dem Kolmogorow-Smirnow-Test normalverteilt sind ($p > 0.05$). Eine weitere Voraussetzung, die es bei regressionsanalytischen Verfahren zu beachten gilt, ist die (2) Homoskedastizität der Residuen. Diese Bedingung wurde ebenfalls über ein Plot-Diagramm kontrolliert. Die darin

[37] Welche Anforderungen an die Daten bzw. Datenbeziehungen bei regressionsanalytischen Verfahren gestellt sind, können bei Urban und Mayerl (2018) nachgelesen werden.

abgebildete Streuung der Residuen lässt über die gesamte Horizontale hinweg keinerlei Systematik erkennen, wodurch angenommen werden kann, dass eine Varianzgleichheit der Residuen vorliegt. Abschließend gilt es, vor allem bei der Durchführung einer multiplen Regressionsanalyse, die (3) Multikollinearität unter den unabhängigen Variablen zu kontrollieren. Aufgrund dessen, dass keine starke Korrelation ($|r \geq 0.7|$) unter den Prädiktoren vorliegt, kann von einer stabilen Schätzung der Regressionskoeffizienten (ß) ausgegangen werden. Neben der Überprüfung der Korrelationen unter den beteiligten unabhängigen Variablen, wurden zwei Maße zur Multikollinearitätsdiagnose herangezogen: die Toleranz und der Varianz-Inflations-Faktor (VIF). Da die Grenzwerte von unter 0.25 für den Toleranzwert und über 4.0 für VIF-Wert weder unter- bzw. überschritten werden, sollte eine vertrauensvolle Modellinterpretation möglich sein.

Multiple Regression

In *Hypothese 5* wurde erwartet, dass sich unter Kontrolle von individuellen Eingangsvoraussetzungen (Alter, Geschlecht, Abiturdurchschnittsnote), u. a. Indikatoren formeller Lerngelegenheiten als inkrementelle Prädiktoren des CDWs feststellen lassen. Aufgrund der großen Auswahl an themenspezifischen Veranstaltungen, die stellvertretend als formelle Lerngelegenheiten an Hochschulen und Staatlichen Seminaren erfasst wurden, sollte zuerst überprüft werden, welche dieser themenspezifischen Veranstaltungen sich als relevante Einflussfaktoren für die Kriteriumsvariablen (dCDW, pCDW) zeigen. Für diesen Zweck wurden für beide Wissensdimensionen zwei getrennte, multiple lineare Regressionen berechnet, wobei das Alter und Geschlecht der angehenden Lehrkräfte sowie deren Abiturdurchschnittsnote kontrolliert wurde. Da bei vier Fällen die Angabe zur Abiturdurchschnittsnote fehlt, beziehen sich die die nachfolgenden Analysen, nach dem listenweisen Fallausschluss, auf 57 Fälle.

Die nachstehenden Tabellen 9.7 und 9.8 zeigen den Modellvergleich für den Einfluss des Umfangs an behandelten Themen in chemiedidaktischen Veranstaltungen an Hochschulen und Staatlichen Seminaren auf das Abschneiden im Vignettentest. Aus den multiplen Regressionsanalysen geht hervor, dass in beiden Modellen das Alter das dCDW (vgl. Tabelle 9.7) und pCDW (vgl. Tabelle 9.8) signifikant vorhersagt. Weiterhin zeigt sich, dass unter Berücksichtigung mehrerer Prädiktoren,

der Umfang an behandelten themenspezifischen Schülervorstellungen in Veranstaltungen an Hochschulen einen signifikanten Einfluss (β = 0.38, *p* = 0.03) auf das dCDW hat. Für Veranstaltungen an Staatlichen Seminaren kann, ebenfalls unter Berücksichtigung mehrerer anderer Prädiktoren, festgestellt werden, dass besonders die Thematisierung von Concept Cartoons zur Gestaltung von Lernprozessen das dCDW signifikant vorhersagt (β = 0.41, *p* = 0.01).

Tabelle 9.7. Multiple Regressionsanalyse mit der Kriteriumsvariablen dCDW

	Modell **Hochschule**			Modell **Staatliches Seminar**		
Prädiktorvariablen	β	*t*	*p*	β	*t*	*p*
1. Alter in Jahren	**−0.31**	−2.15	**0.04**	**−0.34**	−2.45	**0.02**
2. Geschlecht	−0.13	−.95	0.35	−0.12	−0.88	0.38
3. Abiturdurchschnittsnote	0.07	0.50	0.62	0.02	0.12	0.91
4. Veranstaltungen zu *themenspezifischen Schülervorstellungen*	**0.38**	2.28	**0.03**	−0.04	−0.20	0.85
5. Veranstaltungen zur *Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoons*	0.08	0.52	0.61	**0.41**	2.55	**0.02**
6. Veranstaltungen zur *Gestaltung von kognitiv aktivierenden Lernsituationen*	0.04	0.23	0.82	−0.14	−0.75	0.50
7. Veranstaltungen zu *Maßnahmen der Lernunterstützung* mit dem Fokus auf *inhaltliche Strukturierung*	−0.04	−0.21	0.84	0.04	0.17	0.87
8. Veranstaltungen zu *Maßnahmen der Lernunterstützung* mit dem Fokus auf *konstruktive Unterstützung*	−0.22	−1.25	0.22	−0.12	−0.50	0.64

Vergleichbare Ergebnisse zeigen sich für die Kriteriumsvariable des pCDW (vgl. Tabelle 9.8). Auch für diese Wissensdimensionen zeigt sich unter Berücksichtigung weiterer Variablen, dass der Umfang, in dem Concept Cartoons an Staatlichen Seminaren behandelt wurden, einen signifikanten Einfluss hat (β = 0.37, *p* = 0.03). Im Gegensatz dazu ist festzustellen, dass diejenigen, die angaben, dass

sie themenspezifische Schülervorstellungen in einer Veranstaltung an der Hochschule in einem stärken Umfang behandelten, nur marginal signifikant höhere pCDW-Testwerte (β = 0.31, *p* = 0.06) erreichen.

Tabelle 9.8. Multiple Regressionsanalyse mit der Kriteriumsvariablen pCDW

	Modell **Hochschule**			Modell **Staatliches Seminar**		
Prädiktorvariablen	β	*t*	*p*	β	*t*	*p*
1. Alter in Jahren	**−0.36**	−2.48	**0.02**	**−0.40**	−2.91	**0.01**
2. Geschlecht	−0.17	−1.24	0.22	−0.16	−1.17	0.25
3. Abiturdurchschnittsnote	0.06	0.43	0.67	0.03	0.17	0.87
4. Veranstaltungen zu *themenspezifischen Schülervorstellungen*	**0.31**	1.89	**0.06**	−0.11	−0.59	0.56
5. Veranstaltungen zur *Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoons*	0.09	0.61	0.55	**0.37**	2.31	**0.03**
6. Veranstaltungen zur *Gestaltung von kognitiv aktivierenden Lernsituationen*	0.03	0.18	0.86	−0.12	−0.68	0.50
7. Veranstaltungen zu *Maßnahmen der Lernunterstützung* mit dem Fokus auf *inhaltliche Strukturierung*	−0.03	−0.13	0.90	0.07	0.31	0.76
8. Veranstaltungen zu *Maßnahmen der Lernunterstützung* mit dem Fokus auf *konstruktive Unterstützung*	−0.15	−0.84	0.40	−0.06	−0.28	0.78

Der Umfang, in dem themenspezifische Schülervorstellungen und Concept Cartoons besprochen wurden, scheint für das CDW der Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter besonders bedeutsam zu sein. Aufgrund der Relevanz der beiden Veranstaltungen wird abschließend deren Einfluss in einer hierarchischen Regressionsanalyse für beide Wissensdimensionen vertiefend analysiert. Hierbei wurde überprüft, ob die Leistung im Vignettentest zusätzlich zur Vorhersage durch die beiden genannten Prädiktorvariablen formeller Lerngelegenheiten auch durch die

gehaltenen Unterrichtsstunden, als Indikator informeller Lerngelegenheiten, prädiziert wird. Als Kontrollvariablen dienen auch in dieser Analyse das Alter, Geschlecht und die Abiturdurchschnittsnote (stellvertretend für Merkmale individueller Eingangsvoraussetzungen), die als ein Prädiktorenblock einbezogen wurden.

Um zu überprüfen, wie viel Varianz in den Testwerten zum deklarativen bzw. prozeduralen CDW durch die jeweiligen Merkmale aufgeklärt werden kann, wurden die genannten Prädiktoren bzw. Prädiktorenblöcke nacheinander – hier in vier Schritten – in den Regressionsansatz aufgenommen. Nach der Kontrolle der Auswahl an Merkmalen individueller Eingangsvoraussetzungen (1. Schritt), wurden die gehaltenen Unterrichtsstunden (2. Schritt) und abschließend die jeweils relevante Veranstaltung an der Hochschule (3. Schritt: *Themenspezifische Schülervorstellungen*) und am Staatlichen Seminar (4. Schritt: *Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoons*) hinzugefügt. Dabei werden im zweiten, dritten und vierten Schritt auch alle Prädiktoren des vorausgegangenen Schritts hinzugenommen, da so Veränderungen des Beta-Gewichts nachvollzogen werden können (Peters & Dörfler, 2015).

In Tabelle 9.9 und Tabelle 9.10 sind die hierarchischen Regressionsanalysen dargestellt, in denen jeweils dieselben Prädiktoren berücksichtigt wurden. Sie unterscheiden sich lediglich im Hinblick auf die Kriteriumsvariable (dCDW, pCDW). Insgesamt können in beiden hierarchischen Regressionsanalysen die sechs Prädiktorvariablen 20 % der Varianz des dCDW (vgl. Tabelle 9.9) und 21 % der Varianz des pCDW (vgl. Tabelle 9.10) aufklären. Um eine Überschätzung an aufgeklärter Varianz zu umgehen, wird dabei das korrigierte R^2 herangezogen. Dabei zeigen sich für beide Wissensdimensionen, dass von den kontrollierten Merkmalen individueller Eingangsvoraussetzungen (1. Schritt), nur das Alter einen signifikanten Einfluss (dCDW: $\beta = -0.32$, $p = 0.02$, pCDW: $\beta = -0.37$, $p = 0.01$) auf die Leistung im Vignettentest hat.

Tabelle 9.9. Hierarchische Regressionsanalyse zur Vorhersage der Leistung im dCDW

Schritte und Prädiktorvariablen	*b*	*SE b*	β	*p*
Schritt 1:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.32**	**0.02**
Geschlecht	−0.07	0.06	−0.15	0.30
Abiturdurchschnittsnote	0.02	0.09	0.03	0.80
$R^2_{\text{angepasst}}$		0.05 (p = 0.13)		
Schritt 2:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.32**	**0.02**
Geschlecht	−0.09	0.06	−0.19	0.27
Abiturdurchschnittsnote	0.02	0.09	0.03	0.56
Gehaltene Stunden	0.02	0.01	0.19	0.21
$\Delta R^2_{\text{angepasst}}$		0.02 (p = 0.10)		
Schritt 3:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.31**	**0.02**
Geschlecht	−0.07	0.06	−0.15	0.27
Abiturdurchschnittsnote	0.05	0.08	0.08	0.56
Gehaltene Stunden	0.02	0.01	0.17	0.21
Veranstaltungen zu *themenspezifischen Schülervorstellungen* an Hochschulen	0.05	0.02	**0.29**	**0.03**
$\Delta R^2_{\text{angepasst}}$		0.07 (p = 0.03)		
Schritt 4:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.33**	**0.01**
Geschlecht	−0.06	0.06	−0.12	0.36
Abiturdurchschnittsnote	0.02	0.08	0.06	0.85
Gehaltene Stunden	0.01	0.01	0.16	0.22
Veranstaltungen zu *themenspezifischen Schülervorstellungen* an Hochschulen	0.04	0.02	**0.29**	**0.04**
Veranstaltungen zur *Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoons* an Staatlichen Seminaren	0.05	0.02	**0.27**	**0.04**
$\Delta R^2_{\text{angepasst}}$		0.06 (p = 0.01)		
Gesamt-$R^2_{\text{angepasst}}$		0.20 (p = 0.01)		

Für den Indikator informeller Lerngelegenheiten (Schritt 2) wurde erwartet, dass angehende Lehrkräften mit mehr Unterrichtserfahrung (hier: mehr gehaltene Unterrichtsstunden während des Vorbereitungsdienstes) in den Dimensionen zum deklarativen und prozeduralen CDW bessere Testleistungen zeigen würden. Entgegen der Annahme zeigen sich weder zwischen den Unterrichtsstunden und dem dCDW ($\beta = 0.19$, $p = 0.21$) noch zum pCDW ($\beta = 0.21$, $p = 0.11$) statistisch bedeutsame Zusammenhänge. Demgegenüber wird im dritten und vierten Schritt, durch die Hinzunahme der Prädiktoren formeller Lerngelegenheiten, die Relevanz der Thematisierung von Schülervorstellungen an Hochschulen und Staatlichen Seminaren deutlich. Vor allem für das dCDW untermauern die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalyse die Befunde der multiplen linearen Regression. Für die Vorhersage dieser Wissensdimension stellt sich jeweils der Umfang, in dem themenspezifischen Schülervorstellungen in Veranstaltungen an der Hochschule ($\beta = 0.26$, $p = 0.04$) und Concept Cartoons am Staatlichen Seminar ($\beta = 0.27$, $p = 0.04$) behandelt wurden, als signifikanter Prädiktor heraus. Die Beträge der standardisierten Regressionskoeffizienten weisen darauf hin, dass beide Prädiktoren einen gleich starken Effekt haben. Zudem geht auf sie auch der überwiegende Anteil (3. Schritt: 7 %, 4. Schritt: 6 %) aufgeklärter Varianz an der Gesamtvarianz zurück.

Wird das prozedurale CDW als Kriteriumsvariable betrachtet (vgl. Tabelle 9.10), weichen die Ergebnisse der Multiplen Regression zu denen der hierarchischen Regression ab. Unter Berücksichtigung der anderen Variablen, erweisen sich nun beide Indikatoren formeller Lerngelegenheiten (4. Schritt) als nicht mehr signifikante Einflussfaktoren auf das pCDW. Der Effekt für den Umfang, in dem jeweils themenspezifische Schülervorstellungen an Hochschulen ($\beta = 0.26$, $p = 0.06$) und Concept Cartoons an Staatlichen Seminaren ($\beta = 0.24$, $p = 0.06$) behandelt wurden, ist angesichts des Stichprobenumfangs von $n = 57$ dennoch als hoch einzuschätzen. Es wäre zu erwarten, dass unter Vergrößerung der Stichprobe auch diese Prädiktoren signifikant werden könnten (vgl. auch Diskussion: 10.3). Zudem klären diese Prädiktoren im dritten und vierten Schritt – inkrementell zu den Merkmalen individueller Eingangsvoraussetzungen und den gehaltenen Unterrichtsstunden – einen Anteil von 9 % an der Gesamtvarianz auf.

Tabelle 9.10. Hierarchische Regressionsanalyse zur Vorhersage der Leistung im pCDW

Schritte und Prädiktorvariablen	*b*	*SE b*	β	*p*
Schritt 1:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.37**	**0.01**
Geschlecht	−0.09	0.07	−0.19	0.18
Abiturdurchschnittsnote	0.01	0.09	0.02	0.88
$R^2_{\text{angepasst}}$		0.09 (p = 0.04)		
Schritt 2:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.37**	**0.01**
Geschlecht	−0.11	0.07	−0.24	0.09
Abiturdurchschnittsnote	0.01	0.09	0.01	0.93
Gehaltene Stunden	0.02	0.01	0.21	0.11
$\Delta R^2_{\text{angepasst}}$		0.03 (p = 0.03)		
Schritt 3:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.36**	**0.01**
Geschlecht	−0.10	0.06	−0.20	0.14
Abiturdurchschnittsnote	0.04	0.09	0.06	0.66
Gehaltene Stunden	0.02	0.01	0.19	0.14
Veranstaltungen zu *themenspezifischen Schülervorstellungen* an Hochschulen	0.05	0.02	**0.26**	**0.04**
$\Delta R^2_{\text{angepasst}}$		0.05 (p = 0.01)		
Schritt 4:				
Alter in Jahren	−0.03	0.01	**−0.38**	**0.003**
Geschlecht	−0.08	0.06	−0.18	0.19
Abiturdurchschnittsnote	0.01	0.09	0.01	0.94
Gehaltene Stunden	0.02	0.01	0.18	0.15
Veranstaltungen zu *themenspezifischen Schülervorstellungen* an Hochschulen	0.04	0.02	**0.24**	**0.06**
Veranstaltungen zur *Gestaltung von Lernprozessen mit Concept Cartoons* an Staatlichen Seminaren	0.04	0.02	**0.24**	**0.06**
$\Delta R^2_{\text{angepasst}}$		0.04 (p = 0.01)		
Gesamt-$R^2_{\text{angepasst}}$		0.21 (p = 0.01)		

Hypothese 5 ist davon ausgegangen, dass unter Berücksichtigung von Merkmalen individueller Eingangsvoraussetzungen, sowohl Indikatoren formeller als auch informeller Lerngelegenheiten zur Erklärung interindividueller Unterschiede in den Testleistungen beitragen können. Angesichts der dargelegten Befunde kann abschließend festhalten werden, dass sich diese Annahmen zum Teil bestätigen lassen. Neben dem Alter als Kontrollvariable, erweisen sich insbesondere Lerngelegenheiten zu themenspezifischen Schülervorstellungen in der ersten Phase der Lehrerbildung sowie Lerngelegenheiten zu Concept Cartoons in der zweiten Phase als inkrementelle Prädiktoren des CDWs.

10 Diskussion der Ergebnisse

Kapitel 10 diskutiert separat für jedes Forschungsanliegen die gewonnenen Ergebnisse. In diesem Zuge wird bereits auf mögliche Einschränkungen, die es bezüglich der Interpretation zu beachten gilt, verwiesen. Des Weiteren werden entsprechende Implikationen sowie Empfehlungen für weiterführende Forschungen ausgesprochen. Dabei wird zunächst auf die zweidimensionale Struktur des CDWs eingegangen und die damit verbundenen neuen empirischen Erkenntnisse für die Struktur des PCK, angesichts der beiden zugrunde liegenden Wissensarten, diskutiert. Gleichzeitig wird anhand der konvergenten und diskriminanten Validitätshinweise sowie der Kennwerte der Item- und Skalenanalyse kritisch reflektiert, ob sich der entwickelte Vignettentest zur Messung des CDWs eignet (10.1, Forschungsanliegen 1). Daneben wird diskutiert, welche Schlüsse sich aus den ermittelten Zusammenhängen der Dimensionen CDW und Aspekten motivationaler Orientierung ziehen lassen (10.2, Forschungsanliegen 2). Ob die Unterschiede in den Testleistungen der angehenden Lehrkräfte durch die gewählten Einflussvariablen aufgeklärt werden konnten, wird in Kapitel 10.3 dargelegt.

10.1 CDW als zweidimensionales Konstrukt

Vorrangiges Ziel dieser Studie war die Entwicklung und Validierung eines Tests, der die Erhebung des CDWs angehender Lehrkräfte ermöglicht. Es wurde angenommen, dass ein zweidimensionales Konstrukt – deklaratives und prozedurales CDW – die erhobene Datenstruktur am besten abbildet (Hypothese 1). Die Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigen, dass sich eine zweidimensionale gegenüber einer eindimensionalen Struktur signifikant besser zur Beschreibung der Daten eignet. Globale, wie lokale Modellfit-Indizes sprechen für eine gute Beschreibung der Daten (vgl. Tabelle 9.1). Die relativ hohe Korrelation zwischen den beiden latenten Faktoren weist zwar darauf hin, dass die beiden Wissensarten grundlegend miteinander zusammenhängen, der χ^2-Differenztest bestätigt aber, dass sie sich statistisch signifikant voneinander abgrenzen lassen.

Dieser Befund untermauert damit die theoretischen Rahmenmodelle vieler Studien, in denen das Professionswissen über verschiedene Wissensarten konzeptualisiert wird (2.4). In diesem Zuge lassen sich ebenfalls Zusammenhänge zwischen den deklarativen und prozeduralen PCK-Facetten feststellen (Neumann, 2015). Die in Kapitel 2.5 vorgestellten Forschungsprojekte greifen dabei im Rahmen der Testentwicklung auf Modelle mit überwiegend deklarativen und prozeduralen Wissenskomponenten zurück. Studien, die diese zugrunde gelegten Theoriemodelle auch empirisch fundieren, liegen zurzeit allerdings nur für das PPK vor (Lenske et al., 2016). Eine Stärke der in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchung gegenüber anderen fachdidaktischen Studien liegt demnach darin, dass sie sich erstmalig der Frage widmet, ob sich die theoretisch angenommene Struktur des PCK auch empirisch beschreiben lässt. Aus den vorliegenden Ergebnissen geht hervor, dass sich die Unterteilung in deklaratives und prozedurales CDW nicht nur als inhaltliche Grundlage für die Itementwicklung, sondern auch in einer empirischen Strukturüberprüfung bewährt. Dieser Befund deutet darauf hin, dass bei der Beurteilung der Anforderungssituationen in den Test-Items deklarative und prozedurale Wissenskomponenten beteiligt sind. Gruber und Stamouli (2015) machen deutlich, wieso eine differenzierte Betrachtung der beiden Wissensarten sinnvoll erscheint und die Unterscheidung nicht darauf abzielt „die eine oder andere Form als besser oder besonders wertvoll zu bezeichnen.“ (Gruber & Stamouli, 2015, S. 34). Vielmehr geht es darum „eine differenzierte Analyse von Stärken und Defiziten im Handeln von Individuen vornehmen zu können […], denn unterschiedliche Wege des Lehrens und Lernens sind vonnöten, um den Erwerb verschiedener Wissensarten zu fördern.“ (ebd.). Eine Stärke der vorliegenden Untersuchung liegt somit darin, durch den Einsatz des entwickelten Testinstrumentariums Daten vorzulegen, durch deren Analyse es möglich wird, Hinweise auf eventuelle Wissenslücken in den deklarativen bzw. prozeduralen Bereichen des CDWs der befragten Lehrkräfte zu erhalten. Die Interpretation dieser Hinweise erlaubt es wiederum förderorientierte Interventionsmaßnahmen zielgerichteter gestalten zu können. Allerdings muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Validitätsprüfung zwar für einige Aspekte (faktoriell, diskriminant, konvergent) vorgenommen wurde, in weiteren Bereichen (z. B. prädiktive Validität) aber noch fortgeführt werden kann (siehe hierzu weiterführend: Kapitel 11).

Neben den bereits angeführten Argumenten erscheint die kombinierte Erfassung beider Wissensarten aber auch vor dem folgenden *inhaltlichen* Hintergrund angemessen: Die alleinige Diagnose von Kenntnissen angehender Chemielehrkräfte über Schülervorstellungen zu verschiedenen Themenbereichen („Faktenwissen“) lässt keine Aussage über die tatsächliche Performanz in Anforderungssituationen im Unterricht zu (Schmelzing, 2010). Um das grundlegende Wissen inhaltsspezifischer Schülervorstellungen mit handlungsrelevanten Aspekten für deren Umgang zu ergänzen, wurden die Vignetten zum prozeduralen CDW (Concept Cartoons, kognitiven Aktivierung, inhaltlichen Strukturierung und konstruktiven Unterstützung) konzipiert. Obwohl die Auswahl an Aspekten thematisch umfassend ist, ist zu berücksichtigen, dass sie im Testinstrument – begrenzt durch die notwendige Testökonomie – jeweils mit nur einer Vignette vertreten sind.

Psychometrische Eigenschaften:

Die zentralen Kennwerte der deskriptiven Untersuchungen für die eingesetzten Vignetten und ermittelten Testskalen weisen trotz der geringen Itemanzahl auf zufriedenstellende psychometrische Eigenschaften hin. Die Trennschärfen liegen in einem mittleren Bereich, was aufgrund der inhaltlichen Heterogenität der Items erwartungsgemäß ist. Die inhaltliche Heterogenität ergibt sich bei der deklarativen Wissensdimension dadurch, dass den Items verschiedene, themenspezifische Schülervorstellungen (u. a. Aggregatzustände, Verbrennung, Löslichkeit) zugrunde liegen. Die Heterogenität der Items zum prozeduralen CDW liegt darin begründet, dass die Skala verschiedene Aspekte zum Umgang mit Schülervorstellungen thematisiert (Aspekte zu Concept Cartoons, der kognitiven Aktivierung, inhaltlichen Strukturierung, konstruktiven Unterstützung). Nach Döring und Bortz (2016a) sind bei einem inhaltlich breiter aufgestellten Konstrukt hohe Trennschärfen sogar als problematisch zu bewerten, da diese möglicherweise auf redundante Items hinweisen könnten. Zudem ist die Höhe der Itemtrennschärfe abhängig von der Itemschwierigkeit und fällt entsprechend geringer aus, wenn die Items extrem leicht bzw. schwer zu beantworten sind (ebd.). Da der Schwierigkeitsindex für die entwickelten Vignetten auf eine eher schwierige Beantwortung hindeutet, geht damit wahrscheinlich auch eine etwas geringere Itemtrennschärfe einher. Insgesamt lässt sich

die hier ermittelte Höhe an Trennschärfe-Werten vergleichsweise zu den Itemtrennschärfen (FDW: 0.31 (0.17 – 0.42)) aus dem Falko-Projekt (Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017, S. 43) einordnen.

Werden die Itemschwierigkeiten betrachtet, wird ersichtlich, dass die Vignetten in einem eher mittleren bis leicht unterdurchschnittlichen Schwierigkeitsbereich liegen. Die Bearbeitung der Testaufgaben stellt damit offenbar eine Herausforderung für die angehenden Lehrkräfte dar. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Itemschwierigkeit abhängig vom Erfahrungs- und Kenntnisstand der untersuchten Stichprobe ist. Neben dem Schwierigkeitsbereich der Vignetten gilt es kritisch anzumerken, dass die Streuung bezüglich der Schwierigkeitsindizes sehr gering ist. Ein ausgeglichenes Verhältnis an leichten und schwierigen Testaufgaben wird allerdings empfohlen (Kelava & Moosbrugger, 2012). Trotz der Kritik sind nach Bortz und Döring (2006, S. 219) aber auch Itemschwierigkeiten im mittleren Bereich akzeptabel. Bekanntermaßen lassen sich aus extrem schweren bzw. leichten Items, die kaum oder von fast allen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern gelöst werden können, ebenfalls keine Personenunterschiede feststellen. Dennoch sollte in zukünftigen Untersuchungen über eine Modifizierung der Vignetten nachgedacht werden, indem schwierige sowie leichte Testaufgaben integriert werden. Auf diese Weise könnte auch bei der Hinzunahme von Gruppen verschiedener Expertisestufen (Kapitel 11: Ausblick) deren differenziertes Leistungsniveau ausreichend berücksichtigt werden.

Die interne Konsistenz des entwickelten Testinstruments wird u. a. über den Reliabilitätskoeffizienten McDonalds Omega beurteilt, dieser liegt für beide Dimensionen in einem akzeptablen Bereich. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Reliabilitätswerte dieser und anderer fachdidaktischer Studien wird ebenfalls der Wert von Cronbachs α betrachtet. Insgesamt lassen sich die eher niedrigen Reliabilitätswerte durch die niedrige Itemanzahl pro Dimension, durch deren inhaltliche Heterogenität sowie durch die relativ kleine Stichprobengröße erklären (Döring & Bortz, 2016b; Moosbrugger & Kelava, 2012). Dass für Testinstrumente, die heterogene Konstrukte wie das PCK messen, auch geringere Reliabilitätswerte die Regel sind, verdeutlichen die in der nachstehenden Tabelle 10.1 aufgeführten Alpha-Werte anderer Projekte und Forschungsgruppen.

Tabelle 10.1. Vergleich der Reliabilitätswerte verschiedener fachdidaktischer Forschungsprojekt

Projekt/Foscher-gruppe (Fach)	Skala (Itemzahl)	Stichproben-größe	Cronbachs α
EKoL (Chemie)	dCDW (5) pCDW (5)	89	0.75 0.57
ProwiN (Chemie)	FDW (19)	171	0.73
ProwiN (Biologie)	FDW (24)	172	0.60
ProwiN (Physik)	FDW (14)	110	0.62
KiL (Physik)	FDW (36) Subfacette „Schülerkognition“ (10)	201	0.74 0.45
FALKO (Physik)	FDW (10)	183	0.65
PLUS (Sachunterricht)	FDW (14)	114	0.67
TIMSS (Sachunterricht)	FDW über Schülervorstellungen (13)	154	0.61
Neumann (2015) (Politikunterricht)	FdW (20) FpW (10)	50	0.63 0.61

Angesichts dessen, dass im Vergleich zu den anderen Forschungsgruppen, das Testinstrument dieser Studie an einer verhältnismäßig kleinen Stichprobe sowie mit weniger Testitems eingesetzt wurde, sind die vorliegenden Werte als zufriedenstellend einzustufen. Gegenüber den Reliabilitätswerten des deklarativen und prozeduralen politikdidaktischen Wissens, die aus der Studie von Neumann (2015) hervorgehen, können in der hier beschriebenen Untersuchung, trotz ersichtlich weniger Items, vergleichbare und für die interne Konsistenz des deklarativen CDWs sogar höhere Schätzwerte erzielt werden.

Weiterhin kann über die Angabe der erreichten Gesamtpunkte pro Dimension (dCDW, pCDW) eine Aussage zu den Testleistungen der Befragten getroffen werden. Bei der Betrachtung der Testwertverteilungen (vgl. Tabelle 9.3) fällt allerdings auf, dass die von den Probandinnen und Probanden durchschnittlich erreichten Punkte eher im unteren bis mittleren Bereich liegen. Da die Skala zum deklarativen CDW nach inhaltsspezifischen Schülervorstellungen fragt, müssen Lehrkräfte grundsätzlich über Kenntnisse im Bereich des „Chemischen Stoffbegriffs und seinen Eigenschaften“ verfügen. Lücken im fachlichen Wissen könnten somit ein Grund für das durchschnittliche Abschneiden der Probandinnen und Probanden auf dieser Skala sein. Die Vermutung, dass das deklarative PCK mit dem CK zusammenhängt, konnte bereits für Politiklehrkräfte gezeigt werden (Neumann, 2015). Diesen Befund gilt es in weiterführenden Studien, durch die Hinzunahme eines Fachwissenstests, auch für Chemielehrkräfte zu replizieren (Kapitel 11). Die Herausforderung insbesondere bei der Bearbeitung der Vignetten zum prozeduralen CDW besteht darin, Handlungsbedarf zu erkennen und entsprechende Handlungsalternativen angemessen einschätzen zu können. Sauer (2016) führt einen möglichen „Knackpunkt“ bei der Vignettenbearbeitung an, mit dem sich die niedrigen Gesamtpunkte in der genannten Skala erklären ließen: nur wer das dargestellte „Problem“ in der Vignette als solches erkennt, kann daraus ableiten, das und vor allem welcher Handlungsbedarf besteht. Die Befunde für beide Skalen lassen sich vermutlich auch darauf zurückführen, dass das Testinstrument lediglich bei Lehramtsstudierenden sowie Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern eingesetzt wurde. Die geringen Testwerte könnten demnach ein Resultat des noch nicht vollständig ausgebildeten CDW sein. Es ist möglich, dass in diesem Novizen-Status die Beurteilung der dargestellten Unterrichtssituationen (noch) schwieriger erscheint. Aus der fachdidaktischen Literatur für den Bereich der Naturwissenschaften geht entsprechend zu dieser Vermutung hervor, dass das PCK von angehenden Lehrkräften im Vergleich zu dem von Lehrpersonen mit höherer Expertise einen noch eher rudimentären Charakter aufweist (Aydeniz & Kirbulut, 2014; Grossman, 2011; Lee, Brown, Luft & Roehrig, 2007; Park & Oliver, 2008). Ob diese angeführten Erklärungen für das hier erfasste CDW tatsächlich tragfähig sind, müsste allerdings durch eine quer- bzw. längsschnittlich angelegte Studie abgesichert werden (Kapitel 11). Das zum jetzigen Zeitpunkt noch keine entsprechenden Daten vorliegen, stellt eine Limitation der vorliegenden Untersuchung dar.

Validitätshinweise

Im Rahmen der Validitätsprüfung ist es zentral zu untersuchen, in welchem Zusammenhang das CDW zu anderen Testinstrumenten mit verwandten Konstrukten (Überprüfung der konvergenten und diskriminanten Validität) steht. Im Folgenden wird diskutiert, ob sich das von Kunter und Klusmann (2011) aufgestellt Postulat durch die Ergebnisse dieser Studie bestätigen lässt:

> *"Der PCK-Test sollte vor allem mit dem Unterrichtshandeln der Lehrkräfte, und dabei vor allem mit den fachlichen Dimensionen des Unterrichts (z. B. den kognitiven Aktivierungsgehalt) und weniger mit den nicht-fachlichen Dimensionen (z. B. Klassenführung) zusammenhängen"* (Kunter & Klusmann, 2010, S. 81).

Konvergente Validierung:

Da die Fähigkeit Lernende kognitiv zu aktivieren einen wichtigen Bestandteil im Umgang mit Schülervorstellungen darstellt (Kapitel 3), liegt es nahe, Kenntnisse der angehenden Lehrkräfte zur kognitiven Aktivierung als konvergentes Kriterium zum CDW zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl das Wissen über themenspezifische Schülervorstellungen (dCDW) als auch der Umgang mit den Vorstellungen (pCDW) im Einklang mit dem Wissen zur Gestaltung von kognitiv aktivierenden Lerngelegenheiten steht. Die gewonnenen Erkenntnisse sind damit anschlussfähig an die fachdidaktische Literatur (u. a. Adamina et al., 2018a; Möller, 2016), die betont, dass Kenntnisse zu typischen Schülervorstellungen entscheidend dafür sind, dass die Lernerperspektive in kognitiv aktivierenden Lernangeboten ausreichend Berücksichtigung findet. Ergebnisse aus Studien, die den Zusammenhang zur kognitiven Aktivierung auf Schülerebene untersuchen, bestätigen dass ein ausgeprägteres PCK darüber bestimmt, ob die Lernenden kognitiv aktiviert werden (u. a. Baumert & Kunter, 2011b; Ergönenç et al., 2014; Förtsch et al., 2016; Kunter, Klusmann et al., 2013; Olszewski, 2010). Die gefundenen Zusammenhänge dieses Unterrichtsqualitätsmerkmal zu beiden Dimensionen des CDWs deuten demnach darauf hin, dass der entwickelte Vignettentest dieser Studie in Beziehung zu unterrichtsrelevantem Wissen steht. Der etwas höhere Zusammenhang zum prozeduralen CDW lässt sich sehr wahrscheinlich dadurch erklären, dass in jener Dimension

des Arbeitsmodells (Kapitel 5) und entsprechend bei der Testentwicklung (Kapitel 7), Aspekte der kognitiven Aktivierung berücksichtigt wurden. Im Sinne der konvergenten Validierung lässt sich aus den Korrelationsergebnissen schließen, dass die untersuchten Komponenten etwas Vergleichbares messen und damit die Konstruktvalidität untermauern. Neben den Ergebnissen der konvergenten Validitätsüberprüfung lassen sich auch Hinweise auf die diskriminante Validität des Testinstruments feststellen.

Diskriminante Validität

Da das Testverfahren darauf ausgerichtet ist PCK zu erfassen, ist es wichtig, dass es sich u. a. von fachunabhängigen PPK-Inhalten (z. B. Klassenführungsaspekten) abgrenzt. Als ein Bestandteil der Klassenführung wird in dieser Studie auf Selbstberichtsdaten zur Reduzierung von Unterrichtsstörungen, durch eine effektive Nutzung der zur Verfügung stehenden Zeit, zurückgegriffen. Dabei zeigen sich zu diesem Klassenführungsaspekt erwartungskonform weder zum deklarativen noch zum prozeduralen CDW signifikante Zusammenhänge. Wie auch in der COACTIV- (Krauss et al., 2011) und FALKO-Studie (Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017) lassen sich die gefundenen Ergebnisse als ein Hinweis auf die diskriminante Validität des Instrumentes interpretieren. Den genannten Studien zu Folge sind die Fähigkeiten im Bereich des Zeit- und Klassenmanagements mehr von dem generischen pädagogisch-psychologischen Wissen einer Lehrkraft abhängig und können damit auch unabhängig der Bandbreite an PCK vorhanden sein (Baumert & Kunter, 2011b; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017). Auch König et al. (2017) betonen, dass im Vergleich zur Bedeutung des PCK für die Berücksichtigung kognitiver Lernvoraussetzungen, die „Aspekte der Klassenführung als relativ fächerübergreifende Herausforderung des Unterrichtens betrachtet (z. B. Praetorius et al. 2016) und somit auch ohne fachliche Konkretisierung gedacht werden können“ (König et al., 2017, S. 7). Weiterhin sind die Befunde dieser Studie konsistent zu den Erkenntnissen von Kunter, Klusmann et al. (2013), Cauet (2016), Korneck et al. (2017) und Vogelsang (2014), die über verschiedenen Domänen hinweg keinen positiven Zusammenhang zwischen dem PCK und der Klassenführung der befragten Lehrkräfte nachweisen können. Die Unabhängigkeit des deklarativen und prozeduralen CDWs zur Klassenführungs-Subskala spricht demnach dafür, dass die untersuchten Skalen etwas Unterschiedliches messen.

Die oben formulierte Annahme von Kunter und Klusmann (2010) wird durch die vorliegenden Befunde dieser Arbeit (weiter)gestützt und liefert somit erste Hinweise zur konvergenten und diskriminanten Validierung des entwickelten Tests. Allerdings ist fraglich, ob die Verwendung von Selbstberichtsdaten angehender Lehrkräfte zu ihren Fähigkeiten im Bereich der kognitiven Aktivierung und Klassenführung (8.2) eine Einschränkung in der Interpretation der Validierungsergebnisse darstellt. So ist bei dem Antwortverhalten in Selbstberichten zu berücksichtigen, dass dieses von unterrichtsbezogenen Idealvorstellungen geprägt oder von sozial erwünschten Antworten beeinflusst sein kann (Neuber, Künsting & Lipowsky, 2014). Um eine Aussage über die kognitive Aktivierung bzw. Klassenführung im Unterricht von Lehrkräften treffen zu können, wählten die vorangegangenen, referierten Studien vorrangig andere methodische Zugänge. In der COACTIV-Studie wurde bspw. das kognitive Potenzial der im Unterricht verwendeten Aufgaben beurteilt (z. B. Baumert et al., 2011). Weiterhin werden häufig auf Videoanalysen bzw. Videoratings von Unterrichtssequenzen (z. B. Ergönenç et al., 2014; Förtsch et al., 2016; Korneck et al., 2017) zurückgegriffen, um das Vorhandensein der Merkmale guten Unterrichts zu untersuchen. Ob die hier selbstberichtete Einschätzung zur kognitiven Aktivierung bzw. Klassenführung auch im realen Unterricht der angehenden Lehrkräfte sichtbar wird und eine Verbindung zum CDW aufweist, muss in Folgestudien durch weitere Nachforschungen untersucht werden. Ergänzend zu der fragebogenbasierten Selbstauskunft wäre eine Beobachtung von ein oder zwei Unterrichtsstunden der befragten Lehrkräfte denkbar, um über dies noch weitere Hinweise auf die tatsächliche Berücksichtigung der Tiefenstrukturmerkmale im Unterricht zu erhalten. Um einen Zusammenhang des Professionswissens und der Qualität des Unterrichtshandelns nachweisen zu können, gilt es dabei vorher genau zu definieren welche Aspekte für „Guten Unterricht“ den Beobachtungen zugrunde gelegt werden, aus welcher Perspektive (Lernende vs. Lehrende vs. geschulte Rater) diese betrachtet und unter welchen statistischen Verfahren (z. B. hoch- oder niedrig-inferente) sie beurteilt werden (Praetorius, 2014; Vogelsang & Cauet, 2017).

Zusammenfassend ist für das erste Forschungsanliegen festzuhalten, dass die vorliegenden Befunde zur Datenstruktur neue Hinweise für die Chemiedidaktik liefern, dass sich die bei der Testkonstruktion berücksichtigten Wissensarten auch in einem

statistischen Modell trennen lassen. Weiterhin sprechen neben den Ergebnissen der Itemanalyse und faktoriellen Validität, auch die Überprüfung der konvergenten und diskriminanten Validität dafür, dass sich über die Beurteilung von Unterrichtssituationen proximale Indikatoren, wie das deklarative und prozedurale Wissen von angehenden Lehrkräften, erfassen lassen.

10.2 Aspekte motivationaler Orientierung zeigen Zusammenhänge zu beiden Dimensionen CDW

Ein weiteres Anliegen der Studie war es, Hinweise zu gewinnen, in welchem Zusammenhang die gefundenen Dimensionen des CDWs zu Aspekten der motivationalen Orientierung stehen. Dabei wurde sich auf zwei Aspekte fokussiert, die im Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Abbildung 2.1) zu verorten sind: der (1) *Fach*- und *Unterrichtsenthusiasmus* und die (2) *Fehlerorientierung* einer Lehrkraft. Trotz der kleinen Stichprobe waren latente Berechnungen von bivariaten Korrelationen möglich. Dabei liegen die Modellfits und Reliabilitätswerte (vgl. Tabelle 9.5) der beteiligten Konstrukte in einem gutem bis sehr guten Bereich.

Zunächst wurden die jeweiligen Zusammenhänge zwischen den Dimensionen des *Lehrerenthusiasmus* (1) und dem CDW überprüft. Vor der Interpretation der Ergebnisse sei darauf hingewiesen, dass jeweils ein Item bei der Skala zum *Unterrichtsenthusiasmus* („Es ist eine Freude zu unterrichten.“) und *Fachenthusiasmus* („Die Beschäftigung mit meinem Fach ist eine meiner Lieblingsbeschäftigungen“), aufgrund unzureichender Faktorladungen, entfernt wurde. Da aus der Beschreibung beider Items nicht eindeutig hervorgeht, dass sie sich auf den Chemieunterricht beziehen, kann ein Grund für die nicht bedeutsamen Faktorladungen sein. Da das zweite Forschungsanliegen allerdings genau darauf abzielt, den Zusammenhang zum CDW zu untersuchen, sollte der Ausschluss der beiden Items kein Problem im Hinblick auf die inhaltliche Validität darstellen. Auf den ersten Blick erscheint es erstaunlich, dass sich lediglich zum *Unterrichtsenthusiasmus* und nicht zum *Fachenthusiasmus* signifikante Zusammenhänge zum prozeduralen CDW feststellen lassen. Die gefundenen Ergebnisse sind aber anschlussfähig an die Befunde bisheriger Studien, die zwar nicht für das PCK, aber bezüglich der prädiktiven Kraft des *Lehrerenthusiasmus*, ähnliche Tendenzen berichten: Vorrangig der *Unterrichtsen-*

thusiasmus von Mathematiklehrkräften wirkt sich positiv auf die Leistung und Motivation der Lernenden aus (z. B. Kunter et al., 2008; Kunter, 2011). Bei der Untersuchung von Zusammenhängen des PCK zu den Dimensionen des *Lehrerenthusiasmus* zeigt sich bislang lediglich in der Studie von Strauß et al. (2019) für einzelne Substichproben ein schwacher positiver Zusammenhang (r = 0.167) zwischen dem PCK der angehenden Englischlehrkräfte und der Begeisterung für ihr *Fach* (Englisch). Allerdings gilt dieser Zusammenhang nicht für die an dieser Untersuchung beteiligte Subgruppe von Referendarinnen und Referendaren (r = 0.078). Konsistent zu den Ergebnissen für das Fach Englisch, sind die Befunde zum *Fachenthusiasmus* der hier untersuchten angehenden Chemielehrkräfte einzuordnen. Stärken der hier vorliegenden Studie, gegenüber der Untersuchung von Strauß et al. (2019), bestehen darin, dass zum einen beide Dimensionen des *Lehrerenthusiasmus* (*Fach*- und *Unterrichtsenthusiasmus*) in die Analysen einbezogen wurden. Zum anderen erfolgt die Betrachtung der Zusammenhänge gesondert für verschiedene Wissensarten, weshalb die Effekte von *Fach*- und *Unterrichtsenthusiasmus* differenzierter interpretiert werden können. Die vorliegenden Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass es durchaus möglich ist, dass das PCK einer Lehrkraft, mit der Freude an der unterrichtlichen Interaktion zusammenhängt, ohne dabei zwangsläufig in Verbindung mit dem Interesse an den Fachinhalten stehen zu müssen. Strauß et al. (2019) führen die ausbleibenden Zusammenhänge des *Fachenthusiasmus* darauf zurück, dass im Gegensatz zur ersten Phase der Lehrerbildung, die reine Auseinandersetzung mit Fachinhalten und eine diesbezügliche Begeisterung hierfür im Referendariat möglicherweise eine untergeordnete Rolle spielt. Auch für die vorliegende Stichprobe von Chemielehramtsanwärterinnen und -lehramtsanwärtern kann angenommen werden, dass es vor allem im Vorbereitungsdienst zu einer deutlich stärkeren Auseinandersetzung mit dem Vorbereiten und Durchführen von Unterricht als mit dem Fach an sich kommt und sich das in entsprechenden Zusammenhängen zum *Unterrichtsenthusiasmus* wiederspiegelt. Zur Erklärung der Unterschiede im Hinblick auf die beiden Dimensionen des CDWs liegt die Vermutung nahe, dass vor allem das prozedurale Wissen, welches als „besonders handlungsrelevant“ (Blömeke, Felbrich et al., 2008, S. 174) gilt, mit einer größeren Begeisterung für das Unterrichten zusammenhängt. Zusammenhänge zum deklarative CDW bleiben vermutlich aufgrund des verstärkt theoretisch-formalen Charakters dieser

Wissensdimension aus. Diese Annahmen sind momentan allerdings noch Grundlage von Spekulationen, da eine differenzierte Untersuchung von Zusammenhängen zu verschiedenen Wissensarten bislang noch nicht vorliegt. Wird Bezug zur Unterrichtsqualität genommen, zeigen Befunde aus der Mathematik vergleichsweise: Für Mathematiklehrkräfte sind „diejenigen Kompetenzfacetten, die näher an der Tätigkeit des Unterrichtens lagen (fachdidaktisches Wissen bzw. Unterrichtsenthusiasmus) für die Vorhersage der Unterrichtsqualität wichtiger als die rein inhaltsbezogenen Facetten (Fachwissen und fachbezogener Enthusiasmus)“ (Kunter & Baumert, 2011, S. 359). Die gefundenen Zusammenhänge des prozeduralen CDWs zum *Unterrichtsenthusiasmus* stützen diese Befunde. Folgende Schlussfolgerung für (angehende) Chemielehrkräfte wäre somit möglich: Lehrpersonen, die angeben gerne zu unterrichten, weisen eine entsprechend höhere Motivation und Bereitschaft auf, sich mit einem adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen (pCDW) auseinanderzusetzen. Ob der Aufbau von fachdidaktischen Inhalten tatsächlich durch die Freude zu unterrichten beeinflusst wird, muss in weiteren Studien geklärt werden. Zudem muss an dieser Stelle einschränkend angemerkt werden, dass die Angaben zum *Lehrerenthusiasmus* über eine Selbstauskunft der angehenden Lehrkräfte erhoben wurden. Differenzierte Antworten auf die Fragen wie „*Für welche konkreten Aspekte des Lehrerberufs können sich die befragten angehenden Lehrpersonen (mehr oder weniger) begeistern?“* bzw. *„Woran liegt es, dass sie anscheinend nicht gleichermaßen Freude am Unterrichten wie an der fachlichen Auseinandersetzung empfinden?* und „*Unterscheidet sich ihre Begeisterung unter Umständen je nachdem welches Fach bzw. welche Klasse sie unterrichten?“* werden aus der angekreuzten Fragebogenskala nicht ersichtlich. Es ist naheliegender, den Enthusiasmus aus dem gezeigten Lehrverhalten zu schlussfolgern. Die weiterführenden Fragen könnten bspw. durch den Rückgriff auf Videoanalysen oder im direkten Austausch durch Interviews adressiert werden. Studien aus der Mathematik, die sich hiermit schon ansatzweise beschäftigten, zeigen, dass beide Enthusiasmus-Dimensionen kontextsensitiv sind, also im Zusammenhang mit Merkmalen der unterrichteten Klassen der befragten Lehrkräfte stehen (Kunter, 2011). Darüber hinaus geht aus einer längsschnittlichen Analyse hervor, dass der Enthusiasmus einer Lehrkraft einer gewissen zeitabhängig unterliegt, d. h. dass das Ausmaß, das bezüglich der Freude am Unterrichten angegeben wurde, von dem einem zum anderen Schuljahr variieren kann (z. B. Kunter, Frenzel et al., 2011). Diese

Ergebnisse bestätigen zumindest für Mathematiklehrkräfte, dass der „Enthusiasmus keineswegs als ein unveränderliches Personenmerkmal zu verstehen ist“ (Kunter, 2011, S. 269). Angesichts der Befunde aus der Mathematik wäre es lohnenswert die aufgeworfenen Fragen – bspw. unter Berücksichtigung der Entwicklung des *Lehrerenthusiasmus* im beruflichen Werdegang oder in Abhängigkeit von bestimmten Kontextbedingungen – auch für (angehende) Chemielehrkräfte gezielter zu erforschen und in Beziehung zum CDW zu setzen.

Als Ergänzung zu bisherigen Untersuchungen aus dem Bereich der Motivationsforschung wird in dieser Studie das multidimensionale Konstrukt der (2) *Fehlerorientierung* von Lehrkräften erstmalig in einem fachdidaktischen Kontext betrachtet. Die (explorative) Annahme, dass die *Fehlerorientierung* einer Lehrperson mit ihrem CDW zusammenhängt, kann für zwei Subskalen (a: *Kognitiver Umgang mit Fehlern*, b: *Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler*) bestätigt werden. Dabei zeigt sich sowohl für das deklarative, wie prozedurale CDW ein positiver Zusammenhang zur Skala des *kognitiven Umgangs mit Fehlern* (a). Studien, die sich mit der *Fehlerorientierung* von Lehrkräften beschäftigen gibt es bislang nur vereinzelt (z. B. Böhnke und Thiel, 2016). Umfangreichere Forschungsergebnisse zur *Fehlerorientierung* sind im Rahmen von Untersuchung zur Unternehmens- bzw. Organisationskultur entstanden (z. B. Rybowiak et al. 1999). Hierbei werden Fehler vor allem im Zusammenhang mit der Gestaltung von Organisationen bzw. Arbeitsplatzbedingungen betrachtet (Bauer et al., 2004; Bauer & Mulder, 2007; Harteis, Bauer & Heid, 2006). Eine Übertragung dieser Erkenntnisse ist aber durchaus möglich, so kann auch das Schulwesen als eine Organisationsform aufgefasst werden, die das Ziel verfolgt kompetenzfördernde Arbeitsbedingungen bereitzustellen. Das Fehlermachen aus der Perspektive der Fehlerkultur eines Unternehmens wird als eine Lerngelegenheit aufgefasst, die zugleich als Ausgangspunkt für innovative und kreative Entwicklungsmöglichkeiten genutzt werden kann (u. a. Bauer, 2008). Übertragen auf den Schulkontext würde das bedeuten, dass das Lernen aus Fehlern eine Chance zur Entwicklung von Unterrichtsexpertise bietet (Böhnke & Thiel, 2016). Für den Bereich der Fachdidaktik liegen derzeit noch gar keine Untersuchungsergebnisse vor. Die nachfolgenden Erklärungen zu den gefundenen Befunden dieser Arbeit beruhen damit, wenn nicht auf andere Forschungsbereiche Bezug genom-

men werden kann, größtenteils auf Vermutungen. Diese müssten in weiterführenden Studien empirisch abgesichert werden. Zudem sei vor der Interpretation der Befunde darauf hingewiesen, dass die Probandinnen und Probanden zwar beim Ausfüllen der Subskalen darum gebeten wurden an häufige Fehler im Chemieunterricht zu denken, doch welche konkrete Fehlersituation sie tatsächlich vor Augen hatten, geht aus der Fragebogenskala nicht hervor.

Versucht man die gefundenen Zusammenhänge des CDWs zur ersten Subskala des konstruktiven Umgangs mit Fehlern (a) inhaltlich zu erklären, wären folgende Vermutungen denkbar. Beide untersuchten Konstrukte fokussieren auf eine konstruktive Fehlerkultur: Beim CDW steht der Umgang mit den Vorstellungen der Lernenden im Vordergrund. Speziell Schülervorstellungen werden oftmals von Lehrkräften als Schülerfehler deklariert, die u. a. durch einen fehler- und mangelhaften Unterricht hervorgerufen werden können (u. a. Barke, 2006, 3.1.2). Bei der *Fehlerorientierung* nach Böhnke und Thiel (2016) wird hingegen der Umgang mit den Fehlern, die eine Lehrkraft im Unterricht selbst macht, fokussiert. Es erscheint daher nachvollziehbar, dass es Überschneidungsbereiche zwischen dem Umgang mit den eigenen Fehlern und der der Lerngruppe gibt. Aus den gefundenen Zusammenhänge zum CDW könnte somit geschlussfolgert werden: Kann eine Lehrkraft konstruktiv damit umgehen, dass durch ihren Unterricht fachlich unzureichende Vorstellungen entstanden sind, hat sie sich vermutlich aufgrund der resultierten Lernschwierigkeiten bereits (intensiver) mit der Perspektive ihrer Schülerinnen und Schüler auseinandergesetzt.

Wird der Zusammenhang zu beiden Wissensarten (dCDW, pCDW) gesondert betrachtet, lassen sich folgende Vermutungen anschließen: Das Wissen darüber, welche fehlerbehafteten Schülervorstellungen aus dem eigenen Unterricht möglicherweise hervorgehen könnten (dCDW), trägt vermutlich auch zu einem verbesserten Umgang der Lehrkraft mit dieser Art von „Fehlern“ bei. Denn die Voraussetzung mit Fehlern konstruktiv umgehen zu können und im besten Fall daraus zu lernen ist, in einer fehlerhaften Handlung zunächst den „Fehler zu erkennen, also ein[zu]sehen, dass etwas falsch ist, und insbesondere auch, was falsch ist“ (Prediger & Wittmann, 2009, S. 6). Weiterhin liegt es nahe, dass der konstruktive Umgang mit eigenen Fehlern einen Zusammenhang zum prozeduralen CDW aufweist, da

diese Wissensdimension explizit als das Wissen über den Umgang mit Schülervorstellungen und daraus resultierenden Lernschwierigkeiten operationalisiert ist (Kapitel 5).

Für die Skala der *Risikobereitschaft in Bezug auf Fehler* (b) hat sich lediglich ein signifikant positiver Zusammenhang zum prozeduralen CDW gezeigt. Die ausbleibende Korrelation zum deklarativen CDW erscheint aus dem folgenden Grund allerdings nicht erwartungswidrig. Nachvollziehbarerweise spräche es nicht für die Kompetenz einer Lehrkraft, wenn sie trotz des Wissens über mögliche (Fehl-)Vorstellungen (deklaratives CDW) das Risiko eingehen würde, dass genau eine solche Lernschwierigkeit, also ein Fehler, aus ihrem eigenen Unterricht resultieren könnte. Wird allerdings der Umgang mit Schülervorstellungen, also die Dimension des prozeduralen CDWs, betrachtet, sind die gezeigten Zusammenhänge durchaus nachvollziehbar. Gerade für den Umgang mit (stabilen) Schülervorstellungen braucht es die Bereitschaft der Lehrkraft andere didaktische Herangehensweisen und Methoden, wie den Einsatz von Concept Cartoons (Feige et al., 2017 oder auch 3.2) oder das Induzieren kognitiver Konflikte (Schecker & Duit, 2018 oder auch 3.3), auszuprobieren. Letzt genannte Strategie kann, aufgrund der aufgezeigten Widersprüche zur wissenschaftlichen Vorstellung, die Lernenden dazu veranlassen ihre bisherigen Vorstellungen zu hinterfragen und kann damit schlussendlich zum Aufbau tragfähiger und fachgerechter Vorstellungen beitragen (Barke, 2006). Allerdings birgt die Konfrontation mit widersprüchlichen Vorstellungen z. B. durch einem unerwarteten, unklaren Experimentalausgang auch Risiken. So können zu häufig eingesetzte Konfliktstrategien bei den Lernenden bspw. auch zu einem reduzierten Selbstvertrauen führen (Möller, 2010 oder auch 3.3). Mit dem Ziel, die Lernenden zu einer fachlich angemessenen Vorstellung zu begleiten (vgl. Lehr-Landkarte: Abbildung 3.1), braucht es aufgrund der Hartnäckigkeit mancher Vorstellungen aber jene Methoden und damit auch eine gewisse Striktheit von Lehrkräften diese einzusetzen. Neben einer bewussten Risikobereitschaft, Fehler in Kauf zu nehmen, werden vor dem Hintergrund des komplexen Unterrichtsgeschehens „oftmals Entscheidungen auf Grundlage unvollständiger Informationen und unter Bedingungen hohen Handlungsdrucks [getroffen]“ (Böhnke & Thiel, 2016, S. 55). Damit lassen sich entsprechend fehlerhafte Entscheidungen bzw. Fehler im Unterrichtsalltag

schlichtweg nicht vollständig vermeiden. Akzeptiert man diesen Umstand und entwickelt eine konstruktive Haltung gegenüber dem Fehlermachen entsteht daraus ein Potenzial auch in den beschriebenen risikobehafteten Fehlersituationen eine fruchtbare Lerngelegenheiten zu sehen. Prediger und Wittmann (2009) formulieren unter welchen Rahmenbedingungen ein Fehler zu einer Lerngelegenheiten für Lernende wird. Gleiches sollte auch für den Umgang mit Fehlern einer Lehrkraft gelten: Erst durch das Ausprobieren von den beschriebenen risikobehafteten Methoden – die grundlegend die Intention haben die Lernenden zu unterstützen – hat die (angehende) Lehrkraft die Möglichkeit zu erkennen was für die zu unterrichtende Lerngruppe mehr oder weniger geeignet ist. Kann sie sich erklären wodurch es zu dem Fehler in ihrem bisherigen Vorgehen gekommen ist, hat sie gleichfalls die Chance diesen in kommenden Situationen zu korrigieren und eine andere Vorgehensweise zu wählen (Prediger & Wittmann, 2009). Im Zusammenhang des Lernens aus Fehlern betonen Bauer et al. (2004) den bedeutenden Stellenwert des praktischen Erfahrungslernens, um individuelle Handlungskompetenz entwickeln zu können. Gleichzeitig geben sie zu bedenken, dass diese auch die Notwendigkeit hervorruft, Gelegenheiten zu schaffen, um entsprechende Erfahrungen machen zu können. Vor allem der Vorbereitungsdienst, als erste längere schulpraktische Einheit, dient dafür Erfahrungen – auch im Umgang mit Fehlern – machen zu können. Die Möglichkeit aus Fehlern tatsächlich auch zu lernen unterliegt allerdings neben organisationalen auch individuellen Bedingungen (kognitiv, motivational, emotional) (Bauer, 2004; Böhnke & Thiel, 2016). Somit könnten bspw. die ausbleibenden Zusammenhänge zu den anderen vier Subskalen (*Lernen aus Fehlern, Fehlerkompetenz, Belastung durch Fehler, Kommunikation über Fehler*) auf Unterschiede in den genannten Bedingungen zurückgeführt werden. Unter welchen Bedingungen, auch die weiteren Faktoren der *Fehlerorientierung* einen Zusammenhang zum CDW aufweisen könnten, muss allerdings in weitergehenden Studien umfassender untersucht werden. Hierfür wäre zunächst eine Charakterisierung des Fehlerbegriffs für die einzelnen Fachdidaktiken erforderlich, da sich Fehler „in unterschiedlichen Domänen und bei der Bewältigung unterschiedlicher Anforderungen deutlich unterscheiden“ (Böhnke & Thiel, 2016, S. 59) können. Bisher bezieht sich der Großteil der Forschung auf Konzeptualisierung zur *Fehlerorientierung* im betrieblichen Berufsalltag (Bauer & Mulder, 2007; Bauer, 2008; Gartmeier, 2009). Daher werden weitere Arbeiten benötigt, die vor allem die verschiedenen Subdimensionen gezielter auf

den Schulkontext und dabei auf den einzelnen Fachunterricht beziehen und mit empirischen Ergebnissen im Rahmen der professionellen Kompetenz untermauern. Damit könnten Hinweise gewonnen werden, ob die Einstellung zu und der Umgang mit Fehlern für alle Fächer gleichermaßen gilt. Aufgrund der verschiedenen Perspektiven mit dem sich das gesamte Konstrukt der *Fehlerorientierung* von Lehrkräften widmet, steckt ein großes Potenzial darin, auch über die Ergebnisse zu den hier betrachteten Subskalen hinaus, mehr über die Einstellungen zu und den Umgang mit Fehlern von Lehrkräften zu erfahren. Insgesamt wäre ein Studiendesign zu empfehlen, dass folgende Fragen berücksichtigt: *„An welchen Fehler hat die angehende Lehrkraft beim Beantworten gedacht?“* „*Wie wirkt sich der Umgang mit eigenen Fehlern im Unterricht, auf den Umgang mit Fehlern auf der Seite der Lernenden aus?“*. Entsprechende Antworten auf jene weiterführenden Fragen werden aus den angekreuzten Fragebogenskalen, die für die vorliegende Untersuchung verwendet wurden, nicht ersichtlich. Ähnlich wie beim *Lehrerenthusiasmus* liegt es auch für die Einstellung zu und den Umgang mit Fehlersituationen nahe, diese aus dem gezeigten Verhalten von Lehrpersonen in der realen Unterrichtspraxis direkt zu schlussfolgern (z. B. durch Analysen von Unterrichtsvideos oder Interviews). Es wäre daher erstrebenswert, Ergänzungen in den bisher entwickelten Fragenbogenskalen von Böhnke und Thiel (2016) vorzunehmen. Dabei würde es sich anbieten, entweder mit aufmerksamkeitsgesteuerten Prompts auf Fehler im Handeln der Lehrkraft oder innerhalb einer Unterrichtssituation zu arbeiten. Weiterhin wären Testformate denkbar, die in Text- oder Videovignetten konkrete Fehlersituationen aufgreifen, die im jeweilig betrachteten Fach häufiger vorkommen. In einer Vignette könnte bspw. eine Lehrkraft dargestellt werden, die durch Abbildungen („gelbe Schwefelatome“) oder Ausdrücke („Der Strom wird verbraucht“) eine fachlich unangemessene Schülervorstellung beitragen kann. Erst so wäre es möglich die Ergebnisse einheitlich auf das gezeigte fehlerbehaftete Unterrichtshandeln zu interpretieren und inhaltlich in Beziehung zum CDW bzw. PCK der befragten Lehrkräfte setzen zu können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch das zweite Forschungsanliegen mehr Einblicke in die Aspekte der motivationalen Orientierung sowie deren Zusammenhänge zu dem zweidimensionalen Konstrukt des CDWs gewonnen werden konnten. Die Korrelationen deuten darauf hin, dass angehende Lehrkräfte die

einen hohen Summenwert im Test zum CDW erreicht haben, auch eine stärkere Begeisterung für das Unterrichten mitbringen, sowie konstruktiver mit eigenen Fehlern umgehen und darüber hinaus auch eine höhere Risikobereitschaft aufweisen, einen Fehler einzugehen. Gleichzeitig können die Befunde zu beiden Aspekten der motivationalen Orientierung auch im Sinne der Kriteriumsvalidität, als weiterer Anhaltspunkt für die Validität des eingesetzten Vignettentests interpretiert werden (Messick, 1989; Moosbrugger & Kelava, 2012). In den Vignetten werden offensichtlich CDW-Aspekte überprüft, welche sich eindeutig von Merkmalen der motivationalen Orientierung abgrenzen lassen.

10.3 Fachdidaktische Lerngelegenheiten beeinflussen die Testleistung zum CDW

In bisherigen Untersuchungen zu PCK lassen sich zum Teil große interindividuelle Unterschiede in den Wissensbeständen von Lehrkräften zum Themenbereich Schülervorstellungen feststellen (Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Sadler et al., 2013). Bislang wurde jedoch noch nicht abschließend geklärt, auf welche Ursachen die gefundenen Unterschiede zurückgeführt werden können. Daher wendet sich das dritte Forschungsanliegen der regressionsanalytischen Aufklärung von möglichen Einflussfaktoren zu, von denen anzunehmen ist, dass sie bedeutsam für den Aufbau und die Entwicklung des CDWs sind. Im Angebot-Nutzungs-Modell der Lehrerbildung (vgl. Abbildung 2.3) werden neben individuellen Lernvoraussetzungen (König, Tachtsoglou & Seifert, 2012; Kunter, Kleickmann et al., 2011) auch insbesondere den Lerngelegenheiten innerhalb des Lehramtsstudiums (u. a. Blömeke, Bremerich-Vos et al., 2011; König et al., 2017; Kunina-Habenicht et al., 2013; Voss, 2019) eine bedeutsame Rolle beim Wissensaufbau zugesprochen. *Hypothese 5* untersucht daher, ob sich unter Kontrolle von individuellen Eingangsvoraussetzungen (Alter, Geschlecht, Abiturdurchschnittsnote), vor allem fachspezifische Lerngelegenheiten sowie zunehmend mehr praktische Lehrerfahrung (wöchentlich gehaltene Unterrichtsstunden) als Prädiktoren des CDWs feststellen lassen. Bezüglich der fachspezifischen Lerngelegenheiten wurde erwartet, dass Veranstaltungen an Hochschulen und Staatlichen Seminaren, die bestimmte fachdidaktische Themen und Praktiken zum Umgang mit Schülervorstellungen im Chemieunterricht behandelten, besonders relevant für die Ausbildung des CDWs sind. Der Interpretation

der vorliegenden Befunde sei vorwegzunehmen, dass aufgrund der kleinen Fallzahl nur eine reduzierte Auswahl an Prädiktoren in die Regressionsanalysen einbezogen werden konnte. Die Berücksichtigung weiterer Indikatoren für Lerngelegenheiten hätte wahrscheinlich noch zu präzisieren Ergebnissen und einer höheren Varianzaufklärung geführt.

Im Anschluss an eine multiple lineare Regression, die dazu diente zunächst statistisch bedeutsame Indikatoren formeller Lerngelegenheiten zu identifizieren, wurde für beide Wissensdimensionen (dCDW, pCDW) jeweils eine hierarchische Regressionsanalyse berechnet. In beiden Analysen wurden das Alter und Geschlecht sowie die Abiturdurchschnittsnote als Kontrollvariablen aufgenommen. Von den ausgewählten individuellen Eingangsvoraussetzungen stellt nur das Alter der angehenden Lehrkräfte einen signifikanten Prädiktor für die Leistung in beiden Wissensdimensionen dar. Wobei ein deutlicher Vorteil für jüngere Studienteilnehmerinnen und –teilnehmer festzustellen ist und damit in Einklang mit den Befunden von T. Wilhelm (2008), Kirschner (2013) sowie Pietzner (2016) steht. Durch den enormen Anstieg an Studien und publizierten Fachbüchern (u. a. Kattmann, 2017; Schecker et al., 2018) scheint im Hinblick auf die Behandlung von Schülervorstellungen während des Studiums in den letzten Jahren ein Umbruch stattgefunden zu haben. So erklärt sich auch Pietzner (2016) die Vorzüge von jüngeren Lehrkräften beim Identifizieren von Schülervorstellungen darüber, dass die Thematik vermehrt in das Curriculum der Lehrerbildung aufgenommen wurde. Da der Vorbereitungsdienst auch mit einem zeitlichen Abstand zum absolvierten Lehramtsstudium aufgenommen werden kann, schneiden die jüngeren Probandinnen und Probanden vermutlich aufgrund der zeitlichen Nähe zu den behandelten Themen signifikant besser im Vignettentest ab, als jene Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter die zu einem späteren Zeitpunkt in den Vorbereitungsdienst eingetreten sind.

Bei der Abiturdurchschnittsnote und dem Geschlecht zeigen sich dahingegen keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Testleistungen der weiblichen und männlichen angehenden Lehrkräfte. Jene individuellen Eingangsvoraussetzungen scheinen damit keinen Einfluss auf das Abschneiden im deklarativen wie prozeduralen CDW zu haben. Auch bei anderen Studien zur fachdidaktischen Wissensdomäne (z. B. Dollny, 2011; Riese, 2009) blieben geschlechtsspezifische Effekte aus. Arbeiten (u. a. Großschedl, Neubrand et al., 2015; Krauss, Lindl, Schilcher,

Fricke et al., 2017; Kröger, 2019), die den Einfluss der durchschnittlichen Abiturnote betrachteten, zeigen, dass bessere Abiturnoten mit einem stärker ausgeprägten PCK zusammenhängen. Als Erklärung wird hierfür angeführt, dass bestimmte kognitive Fähigkeiten den Professionalisierungsprozess und damit auch die Lern- und Entwicklungsprozesse bei angehenden Lehrkräften beeinflussen. Dass die Testwerte in dieser Arbeit weder mit der Abiturdurchschnittsnote noch dem Geschlecht korrelieren, weist nun vielmehr darauf hin, dass durch den entwickelten Vignettentest Wissensaspekte erfasst werden, die zum einen unabhängig vom Geschlecht beantwortet werden können und sich zum anderen von Indikatoren allgemeiner kognitiver Leistungsfähigkeiten abgrenzen lassen.

Einer der auffälligsten Befunde beider hierarchischen Regressionsanalysen ist, dass weder die Testleistung im deklarativen noch im prozeduralen CDW durch die gehaltenen Unterrichtsstunden im Vorbereitungsdienst vorhergesagt werden können. Obwohl bisherige Studien (u. a. Brunner et al., 2006; Kleickmann, Steffensky et al., 2017) häufig über sehr grobe Indikatoren informeller Lerngelegenheiten (z. B. Anzahl der Dienstjahre oder besuchter beruflichen Fortbildungen) keine Verbesserung im Abschneiden des PCK nachweisen konnten, wurde in dieser Arbeit angenommen, dass die spezifischere Betrachtung der Unterrichtserfahrung im Vorbereitungsdienst zur Vorhersage der Testleistung und Aufklärung von Unterschieden beitragen würde. Trotz der nachvollziehbaren Annahme, die Unterrichtspraxis sei eine zentrale Lernmöglichkeit, stellt sich die Anzahl gehaltener Unterrichtsstunden nicht als signifikanter inkrementeller Prädiktor für das CDW heraus. Wird der Einfluss der Lehrerfahrung auf einzelne Facetten des PCK eingehender betrachtet, weisen Studien, die sich in diesem Zuge ebenfalls mit dem Wissen über Schülervorstellungen auseinandersetzen, auf ähnliche Zusammenhänge hin. Für Chemielehrkräfte zeigt Pietzner (2016), dass deren Wissen in diesem Bereich nicht durch die Dauer der Berufsausübung beeinflusst wird. Befunde aus der Physik (T. Wilhelm, 2008) und dem Sachunterricht (Kleickmann, Steffensky et al., 2017) kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Auch Arbeiten aus COACTIV, FALKO und ProwiN, die ebenfalls entgegensetzt zur ihren Erwartungen, keinen Wissenszuwachs trotz zunehmender Praxiserfahrung feststellen konnten, diskutierten inzwischen vielfach den scheinbar fehlenden Zusammenhang (Besser & Krauss, 2016; Brunner et al., 2006; Kirschner et al., 2017). Die mitunter häufigste Begründung die angeführt

wird, betont das ein bedeutsamer Faktor für das Lernen aus der Berufspraxis eine regelmäßige und systematische Reflexion der eigenen Unterrichtshandlungen und -erfahrungen ist (u. a. Boyd, 2014; Clarke & Hollingsworth, 2002; Krauss, Lindl, Schilcher, Fricke et al., 2017; Read, 2014; Schmelzing, 2010). Friedrichsen et al. (2008) kommen in ihrer Studie ebenfalls zu dem Schluss: „experiences need to include explicit attention to the role of reflection in the development of discipline- and topic-specific PCK“ (Friedrichsen et al., 2008, S. 376). Um die Frage nach dem Einfluss des praktischen Unterrichtshandelns im Prozess der Wissensentwicklung umfassend beantworten zu können, braucht es letztlich noch weitere Studien. Studien, die berücksichtigen, inwieweit sich die reflektierte Auseinandersetzung mit der eigenen Unterrichtserfahrung – gerade zu Beginn der Berufsausübung – auf den Aufbau des Professionswissens niederschlägt. Es bietet sich daher an in zukünftigen Forschungsarbeiten neben individuellen Eingangsvoraussetzungen ebenfalls zu kontrollieren, ob und in welcher Form die gehaltenen Stunden im Vorbereitungsdienst und auch darüber hinaus in der dritten Phase der Lehrerbildung reflektiert werden.

Die Untersuchung des Einflusses von Indikatoren formeller Lerngelegenheiten kommt hingegen zu anderen Ergebnissen. Mittels der hierarchischen Regressionsanalyse konnte der inkrementelle Varianzanteil einzelner Prädiktoren festgestellt werden, wodurch ersichtlich wurde, welche Veranstaltungen in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung relevant für das deklarative bzw. prozedurale CDW sind. In Übereinstimmung mit der multiplen Regression wurde dabei auch in der hierarchischen Regression deutlich, dass vor allem die Veranstaltungen, die themenspezifische Schülervorstellungen an Hochschulen und Concept Cartoons an Staatlichen Seminaren in einem stärken Umfang behandelten, verantwortlich für Unterschiede im CDW sind. Einschränkend muss an dieser Stelle vermerkt werden, dass sich die beiden Indikatoren formeller Lerngelegenheiten nur in Bezug auf das deklarative CDW als statistisch bedeutsam erweisen. Ein Grund, warum sich gerade diese beiden Veranstaltungen hervortun, könnte darin begründet sein, dass in der ersten Phase der Fokus der Wissensvermittlung eher auf grundlegenden, inhaltsspezifischen Themen, wie der Behandlung themenspezifischer Schülervorstellungen liegt (KMK, 2008; 2019). Wohingegen in der zweiten Phase der Lehrerbildung,

aufgrund der Nähe zur Schulpraxis, eher methodische Inhalte, wie Concept Cartoons zur Gestaltung von Lernprozessen, gelehrt werden (Voss et al., 2015). Dass sich genau diese beiden inhaltlichen Lehrveranstaltungen als relevant für die deklarative Wissensdimension, also dem Wissen um themenspezifische Schülervorstellungen, erwiesen haben, erscheint vor folgendem Hintergrund nachvollziehbar: Je umfassender themenspezifische Vorstellungen im Studium thematisiert und besprochen wurden, desto eher können auch die Wissensbestände zu diesem Bereich (dCDW) vorhergesagt werden.

Gleiches gilt für die Behandlung von Concept Cartoons: Wie in Kapitel 3.2 ausführlich dargestellt, werden in Concept Cartoons inhaltsspezifische Schülervorstellungen aufgegriffen, sodass eine Beschäftigung mit der Methode auch gleichzeitig eine Auseinandersetzung mit inhaltlichen Vorstellungen nach sich zieht. Die Ergebnisse stehen auch in Einklang zu der Untersuchung von Pietzner (2016). Bei im Schuldienst stehenden Chemielehrkräften stellt Pietzner fest, dass diejenigen die sich bereits im Laufe des Studiums bzw. Referendariats mit Schülervorstellungen inhaltlich beschäftigten, diese auch tendenziell besser identifizieren können. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Kleickmann und Steffensky et al. (2017): Lehrkräfte, die bedingt durch das Sachunterrichtsstudium fachliche wie fachdidaktische Lehrveranstaltungen besuchten, können das Vorkommen der Schülervorstellungen besser einschätzen, als Kolleginnen und Kollegen, die das Fach nicht studierten. Auch aus der Domäne der Mathematik ist bekannt, dass das Angebot an fachspezifischen Lerngelegenheiten einen signifikant positiven Zusammenhang zum PCK von angehenden Mathematiklehrkräften hat (Blömeke et al., 2011). Da bislang zur Untersuchung des Einflusses von formellen Lerngelegenheiten allerdings nur sehr grobe Indikatoren gewählt wurden (z. B. Sachunterrichtsstudium), müssen die Ergebnisse dieser Studie durch weiterführende Analysen mit ebenfalls spezifischen Indikatoren bestätigt werden. Ebenso ist zu bedenken, dass die Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter an unterschiedlichen Hochschulen sowie Staatlichen Seminaren ihr Studium durchlaufen haben und Unterschiede in den zugrunde liegenden Curricularen der einzelnen Institutionen nicht berücksichtigt werden konnten.

Insgesamt bestätigen die Befunde dieser Arbeit die bisherigen Studienergebnisse (Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016) und betonen noch einmal

mehr, dass ein fachspezifisches Angebot mit Lehrveranstaltungen zu Schülervorstellungen entscheidend dafür ist, wie viel die befragten Lehrkräfte über die Lernerperspektive wissen. Schlussendlich können auch diese Befunde als Validitätshinweis für das entwickelte Testverfahren gedeutet werden: In den Vignetten werden offensichtlich Aspekte des CDWs überprüft, welche auch im Rahmen spezifischer Veranstaltungen der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung dargeboten werden. Weiterhin wurden durch die Analysen weitere Ursachen gefunden, durch die sich die Unterschiede in den Testleistungen der angehenden Lehrkräfte erklären lassen. Über die Hälfte der aufgeklärten Varianz im Gesamtmodell geht auf die behandelten Themen zum Umgang mit Schülervorstellungen in der ersten und zweiten Phase zurück. Das insgesamt aufgeklärte Varianzaufklärungspotenzial mit knapp 20 % ist dabei für die Untersuchung eines sozialwissenschaftlichen Forschungsanliegens als relativ gut einzuschätzen (Fromm, 2012).

In der hierarchischen Regressionsanalyse mit dem prozeduralen CDW als Kriteriumsvariable wird eine ähnlich hohe Varianzaufklärung erzielt. Allerdings wurden die zwei Prädiktoren formeller Lerngelegenheiten im vierten Schritt des Regressionsmodells nicht mehr signifikant. Da die statistische Bedeutsamkeit in diesem Falle nur knapp verfehlt wurde, könnte sich der hier erwartete Zusammenhang möglicherweise in weiteren Studien aufzeigen lassen. Weiterhin sind die gefundenen Effekte für diese Prädiktoren mit Blick auf die geringe Fallzahl hin zu betrachten. Unter der Annahme in weiteren Erhebungen die Stichprobengröße zu erhöhen, wäre ein signifikantes Ergebnis zu erwarten. Diese Annahme lässt darauf schließen, dass der zeitliche Umfang, in dem themenspezifische Schülervorstellungen und Concept Cartoons behandelten wurde, dennoch als ein Hinweis zur Vorhersage des prozeduralen CDWs angesehen werden kann. Dass die Prädiktoren gerade in Bezug auf das prozedurale CDW nicht mehr signifikant werden, könnte sicherlich auch auf die Kriteriumsvariable selbst zurückgeführt werden. Ruft man sich die Operationalisierung des prozeduralen CDWs im Arbeitsmodell (Kapitel 5) in Erinnerung, so ist diese Dimension inhaltlich über sehr vielfältige Facetten definiert. Dies dürfte auch der Grund dafür sein, dass sich im Gegensatz zum deklarativen Wissen, das alleinig das Wissen um themenspezifische Schülervorstellungen umfasst, die Vorhersage für ein solch komplexes Konstrukt schwieriger gestaltet. Eine Überlegung

für weiterführende Analysen könnte sein, die Vorhersage des Umfangs, wie die jeweiligen Veranstaltungsthemen an der Hochschule und am Staatlichen Seminar behandelt wurde, auf die einzelnen Facetten des prozeduralen CDWs hin zu untersuchen.

Zusammenfassend kann für das dritte Forschungsanliegen festgehalten werden, dass – im Vergleich zu bisherigen Untersuchungen – in dieser Studie der Einfluss spezifischer Indikatoren formeller und informeller Lerngelegenheiten auf das CDW betrachtet wurden. Die Befunde, dass formelle gegenüber informellen Lerngelegenheiten (hier: *behandelte Themen zum Umgang mit Schülervorstellungen* bzw. *gehaltenen Unterrichtsstunden*) eine signifikanten Einfluss auf das Wissen zu Schülervorstellungen haben, steht in Einklang mit den Ergebnissen vorangegangener Untersuchungen zum PCK (Friedrichsen et al., 2008; Kleickmann et al., 2013; Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016). Vor allem die Bedeutung von themenspezifischen Veranstaltungen für den adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen legt nahe, hierzu gezielt mehr Angebote in den drei Phasen der Lehrerbildung zu gestalten und bereitzustellen. Darüber hinaus sollten intensive Bemühungen unternommen werden, um diese zentralen fachdidaktischen Inhalte fest in das Kerncurriculum der Lehrerbildung über alle Institutionen hinweg zu etablieren.

11 Limitation und Ausblick: Implikationen für Forschung und Praxis

In diesem abschließenden Kapitel wird zum einen auf die im Diskussionsteil (Kapitel 10) bereits angesprochenen Grenzen Bezug genommen und zum anderen die noch offenen Forschungsanliegen thematisiert, die den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschritten hätten. Im Hinblick darauf, die Erkenntnisse aus dem empirischen Teil dieser Studie für die Praxis zugänglich bzw. nutzbar zu machen, werden im weiteren Verlauf dieses Kapitels konkrete Handlungsvorschläge[38] gegeben. Jene Vorschläge können sowohl in weiterführenden Untersuchungen als Anregung zur Bearbeitung der noch bestehenden Forschungsdesiderate aufgegriffen werden, als auch direkt zur (Um-)Gestaltung von Standards und Interventionsmaßnahmen in der Lehrerbildung genutzt werden. Die Arbeitsgebiete, die nachfolgend erläutert werden, lassen sich sechs Überkategorien zuordnen. Dabei handelt es sich um: *(1) Stichprobengröße und Studiendesign*, *(2) Zur Bedeutsamkeit reflektierter Unterrichtserfahrung*, *(3) Evaluation und Ausbau der Lehrerbildungsstandards für das Fach Chemie*, *(4) Trainingsmöglichkeiten zur Förderung von Aspekten des CDWs*, *(5) Zusammenhänge zwischen den Wissensdomänen* und *(6) Anwendungsmöglichkeiten, Grenzen und Forschungsperspektive des entwickelten Vignettentests*.

(1) Stichprobengröße und Studiendesign

Chemie gehört zu den Lehramtsfächern, bei denen häufig nicht ausreichend Lehramtsbewerberinnen und -bewerber vorzufinden sind (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2019). Dadurch gestaltet sich die Akquirierung von potenziellen Probandinnen und Probanden schwieriger. Diesem Umstand geschuldet konnte für die vorliegende Studie nur eine kleinere Gruppe an angehenden Chemielehrkräften gewonnen werden (8.3). Angesichts dessen gilt es in künftigen Untersuchungen vor allem unter zwei Gesichtspunkten eine Vergrößerung des Stichprobenumfangs anzustreben. Erstens kann mit der Erhöhung der Stichprobe

[38] Wohlwissend, dass sich jene Hinweise nicht direkt aus den Ergebnissen dieser Studie ableiten lassen, sondern es sich dabei um Interpretationen meiner Forschungsergebnisse handelt.

ein anderes methodisches Vorgehen in der Auswertung gewählt werden und die Ergebnisse bspw. auf Basis der Modellierung der Item-Response-Theorie (IRT) überprüft bzw. repliziert werden. IRT-Modelle werden vor allem im Zuge von Kompetenzmessungen nahegelegt (z. B. Hartig & Höhler, 2010; Hartig & Frey, 2013), da eine entsprechende Skalierung der Testaufgaben u. a. eine genauere Aussagen über Aufgabenschwierigkeiten ermöglicht (E. Keller, 2016). Zweitens würde es sich anbieten die Stichprobe durch angehende Lehrkräfte anderer Schulformen sowie durch aktiv im Schuldienst stehende Lehrkräfte (eventuell auch aus anderen Bundesländern) zu ergänzen. Neben der Untersuchung der Struktur des CDWs, sind bei solchen Querschnittsstichproben vor allem Forschungsfragen von besonderem Interesse, die die Entwicklung des deklarativen und prozeduralen CDWs über verschiedene Phasen der Lehrerbildung hinweg betreffen. Durch die Berücksichtigung verschiedener Schulformen wäre zudem ein Vergleich des Wissens über Schülervorstellungen von Grundschullehrkräften (Sachunterricht) und Chemielehrkräften der Sekundarstufe I und II möglich. Gerade vor dem Hintergrund, dass sich signifikante Gruppenunterschiede im PCK abhängig von dem beruflichen „Status“ der Studienteilnehmenden (Studierende, Referendarinnen, Referendare, Lehrkräfte) und der unterrichteten Schulform (Gymnasiallehrkräfte vs. Nicht-Gymnasiallehrkräfte) feststellen lassen (u. a. Dollny, 2011; Kirschner, 2013; Schödl & Göhring, 2017), wäre eine vergleichbare Untersuchung für das Wissen zu Schülervorstellungen empfehlenswert. Ob sich die hier gezeigten Befunde (vgl. Ergebnisse Forschungsanliegen 3, 9.3 und deren Diskussion in 10.3), dass Alter sei ein Prädiktor für das Abschneiden im CDW, auch für bereits länger im Schuldienst stehende Lehrkräfte bestätigen lässt, könnte so geklärt werden. Zu erwartende Ergebnisse, dass mit ansteigender fachdidaktischer Expertise auch höhere Testleistungen im CDW einhergehen, könnten somit Hinweise auf die Sensitivität bzw. Kriteriumsvalidität des Testverfahrens liefern (Lange, 2010).

Neben Einblicken in den interindividuellen Entwicklungsverlauf durch Querschnittserhebungen, könnten intraindividuelle Betrachtungen durch längsschnittliche Designs ergänzt werden. Querschnittliche Befunde aus der ersten Phase des EKoL-Projekts deuten auf eine Zunahme des PCK von Beginn (Semester 1 – 3) bis zum Ende des Studiums (Semester 4 – 8) hin (u. a. E. Keller, 2016; Rutsch, 2016).

Die längsschnittlichen Erhebungen der zweiten Projektphase zeigen über den Zeitraum des Vorbereitungsdienstes (12 Monate) allerdings eine stagnierende Entwicklung in den interdisziplinär untersuchten PCK-Aspekten[39]. Inwieweit das auch für die Entwicklungen des deklarativen und prozeduralen CDWs gilt, muss in weiterführenden Studien geklärt werden. In diesem Zuge bietet es sich an, bestehende interdisziplinäre Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den anderen EKoL-Teilprojekten stärker zu fokussieren und herauszuarbeiten. In dem zweiten Herausgeberband der zweiten EKoL-Phase werden die Ergebnisse der Längsschnittstudie intensiv diskutiert (Lohse-Bossenz, Dörfler et al., in Vorbereitung). So wird mitunter vermutet, dass die Ergebnisse mit der betrachteten Zeitspanne zusammenhängen könnten, in der sich die angehenden Lehrkräfte in einer sehr anspruchsvollen Phase (dem Vorbereitungsdienst) befunden haben. Ein Blick in individuelle Entwicklungsverläufe in der dritten Phase der Lehrerbildung erscheint demnach ein interessanter und ergänzender Ansatzpunkt, zu den bisher im EKoL-Projekt betrachteten Phasen, zu sein. Zumal die Untersuchung von phasenübergreifenden Entwicklungsverläufen nach wie vor ein wichtiges Desiderat in der Professionalisierungsforschung darstellt (Franz et al., 2018).

(2) Zur Bedeutsamkeit reflektierter Unterrichtserfahrung

Bereits das eingangs vorgestellte Angebots-Nutzungs-Modell (vgl. Abbildung 2.3) verdeutlicht, dass die PCK-Entwicklung nicht als ein einfach linear verlaufender Prozess zu verstehen ist (siehe weiterführend: Scheuch, 2013). Neben den gezielt fachspezifischen Lehrveranstaltungen innerhalb der ersten Phase, gilt die praktische Umsetzung und bewusste Auseinandersetzung mit den gelernten Inhalten als weitere wesentliche Voraussetzung, um handlungsrelevantes Wissen aufbauen zu können (Brunner et al., 2006; Friedrichsen et al., 2008; Mutke, 2017; Park & Oliver, 2008). Wie auch die Befunde der vorliegenden Studie bestätigen, kann die reine Anzahl an gehaltenen Unterrichtsstunden (*Quantität*) im Vorbereitungsdienst dabei nicht per se als Lerngelegenheit aufgefasst werden (vgl. Ergebnisse Forschungsanliegen 3, 9.3 und deren Diskussion in 10.3). Vielmehr wird in der Diskussion, um die Frage nach der Bedeutsamkeit von Praxiserfahrungen, die bewusste Reflexion

[39] *Deutsch*: Lese- und Schreibdidaktisches Wissen, *Mathematik*: Umgang mit multiplen und dynamischen Repräsentationen, *Geschichte*: Aufgaben formulieren können, *Naturwissenschaften*: Wissenschaftsverständnis (Nature of Science)

(*Qualität*) der Erfahrungen und des eigenen Handelns in der Unterrichtspraxis hervorgehoben (Brunner et al., 2006; Dollny, 2011; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017; M. Schmidt, 2014). Obwohl die Berufspraxis den größten Anteil des beruflichen Lernens ausmacht, wurde bislang nicht ausreichend untersucht, ob sich (angehende) Lehrkräfte die beschriebenen Lernmöglichkeiten der Reflexion gezielt suchen und im Sinne des *deliberate practice* ihre beruflichen Kompetenzen weiterentwickeln (Brunner et al., 2006). Ein Grund für die mangelhafte Befundlage könnte darin liegen, dass über das Studium hinaus selten strukturierte sowie regelmäßige Lerngelegenheiten (der Reflexion) im Berufsalltag der Lehrkräfte zur Verfügung stehen (Brunner et al., 2006; Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017; Lange, 2010). Hier gilt es anzusetzen und aktiv bei der Initiierung und Ausgestaltung von Arbeitskreisen und Lerngemeinschaften bzw. Weiterbildungsaktivitäten mitzuwirken. Bekanntermaßen zeichnet sich *deliberate practice* durch aktives, absichtsvolles und zielgerichtetes Üben aus (Ericsson, 2006). Neben bewussten Lern- und Übungsaktivitäten wären Angebote, die einen offenen und konstruktiven Austausch über Erfahrungen sowie ein regelmäßiges Feedback von Peers bzw. Expertinnen und Experten ermöglichen, wünschenswert. In Übereinstimmung zu einem stärkeren Ausbau strukturierter Lerngelegenheiten in der dritten Phase der Lehrerbildung, würde es sich ebenso anbieten, die Begleitveranstaltungen parallel zum Praxissemester und Vorbereitungsdienst fokussiert auf die Reflexion von Unterrichtserfahrungen auszubauen. Eine systematische Vorgehensweise[40] zur Betrachtung des eigenen Unterrichtshandelns, könnte so zur Förderung der Reflexionsfähigkeiten und weiterer beruflicher Kompetenzen (angehender) Lehrkräfte beitragen. Die Notwendigkeit einer adäquaten Begleitung von qualifizierten Fachmentorinnen und -mentoren in diesem Prozess wird dabei vielfach betont (u. a. Brombach, 2019; Friedrichsen et al., 2008; Resch, Heuer & Lohse-Bossenz, 2019; Rutsch, 2016; Wischmann, 2015).

Im Kontext solcher Lernsettings wäre es wünschenswert, auch die Beurteilung von Fehlersituationen sowie den Umgang von Lehrkräften damit (kurz: *Fehlerorientierung*) stärker zur Sprache zu bringen. Die vorliegende Studie macht darauf aufmerksam, wie wichtig die Untersuchung der *Fehlerorientierung* von angehenden

[40] Eine umfassende Handreichung zur Reflexion des professionellen pädagogischen Handelns hat das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg (2018) herausgegeben.

Lehrkräften ist, da diese im Zusammenhang zum CDW steht (vgl. Ergebnisse Forschungsanliegen 2, 9.2.2 und deren Diskussion in 10.2). Damit aus Fehlersituationen im Unterricht gelernt und die eigene Unterrichtsexpertise dadurch ausgebaut werden kann, ist nach Böhnke und Thiel (2016) auch die *Kommunikation über Fehler* relevant (Beispielitem: *„Wenn ich im Unterricht einen Fehler mache, erzähle ich es KollegInnen, damit sie von meinen Erfahrungen profitieren können.“* aus Böhnke & Thiel, 2016, S. 64). Es scheint daher vielversprechend, auch diesen Aspekt der *Fehlerorientierung* bei der Reflexion von Unterrichtserfahrungen zu berücksichtigen.

(3) Evaluation und Ausbau der Lehrerbildungsstandards für das Fach Chemie

Im Angebots-Nutzungs-Modell (vgl. Abbildung 2.3) wird neben der praktischen Lehrerfahrung auch der Nutzung von fachspezifischen Lerngelegenheiten eine zentrale Stellung in der PCK-Entwicklung eingeräumt (Voss, 2019). Die Befunde der vorliegenden Studie bestätigen, dass gezielt angebotene Lehrveranstaltungen zum Themenbereich Schülervorstellungen an Hochschulen und Staatlichen Seminaren die Leistung im CDW positiv beeinflussen (vgl. Ergebnisse Forschungsanliegen 3, 9.3 und deren Diskussion in 10.3). So kann in Bezug auf das CDW den fachdidaktischen Lerngelegenheiten innerhalb der ersten beiden Phasen eine zentrale Schlüsselfunktion zugesprochen werden. Leider ist gleichzeitig zu beklagen, dass die Gestaltung der einzelnen Studiengänge und Lehrerbildungsphasen kaum verbindlich bzw. bundesweit einheitlich geregelt ist (Großebrahn, 2013). Damit wird den jeweiligen Institutionen (Pädagogischen Hochschulen, Universitäten, Staatlichen Seminaren oder Fortbildungseinrichtungen) ein relativ großer Spielraum zur inhaltlichen Ausgestaltung gewährt (Großebrahn, 2013; Messner, 2007; Reusser & Messner, 2002). Bislang umfassen die „Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ (KMK 2008; 2019) eine zweiseitige und die „Ausbildungsstandards der Staatlichen Seminare für Didaktik und Lehrerbildung in Baden-Württemberg (Werkreal-, Haupt- und Realschulen)“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016a) eine dreiseitige Empfehlung für das Fach Chemie. In welchem Maß diese recht unverbindlich formulierten Inhalte der KMK (2008; 2019, S. 24) (z. B. „*kennen Möglichkeiten zur Gestaltung von Lernarrangements unter dem besonderen Gesichtspunkt heterogener Lernvoraussetzungen […]*“) oder

des Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016a, S. 41) (z. B. *„diagnostizieren Präkonzepte, kennen fachbezogene Verstehenshürden […]“*) allerdings auf die inhaltliche Gestaltung der Lehrerbildung Einfluss nehmen, ist (noch) schwer nachvollziehbar.

Ein erster Schritt könnte daher darin bestehen, zukünftig eine curriculare Analyse von Modulhandbüchern und Vorlesungsverzeichnissen der Pädagogischen Hochschulen und Universitäten für das Lehramtsfach Chemie durchzuführen, um so einen Abgleich zu den in den Standards formulierten „Kerninhalten“ zu ermöglichen. Schlussendlich würde diese Überprüfung auch eine Aussage über die curriculare Validität des Testinstruments ermöglichen. Neben der Analyse des „Ist-Zustandes“ wäre es darüber hinaus denkbar, die bislang noch sehr kurz gefassten inhaltlichen Anforderungen zu präzisieren und durch klare Zielformulierungen weiterzuentwickeln. Ein Ansatzpunkt liefert die im Zuge der Studie erfolgte Befragung, in welchem Umfang Lehrveranstaltungen in den ersten beiden Phasen zentrale Inhalte zum Umgang mit Schülervorstellungen behandelten. Hier wird vor allem deutlich, dass Nachhol- bzw. Ausbaubedarf in den Bereichen der Lernunterstützung, mit dem Fokus auf der inhaltlichen Strukturierung sowie konstruktiven Unterstützung, bestehen (vgl. Tabelle 9.6 in Ergebnisse Forschungsanliegen 3, 9.3). Mit dem zukünftigen Ziel die Stichprobe durch (angehende) Lehrkräfte anderer Schulformen (z. B. Gymnasium) und eventuell anderer Bundesländer zu ergänzen (vgl. *(1)*), wäre auch in diesem Fall zunächst ein Abgleich zu den Kerninhalten der universitären bzw. bundeslandübergreifenden Standards der Lehrerbildung notwendig. Nach jener Überprüfung und einer möglichen Anpassung der Testaufgaben wäre somit ein fernes Ziel, das Testverfahren standortunabhängig und bundesweit einsetzen zu können.

(4) Trainingsmöglichkeiten zur Förderung von Aspekten des CDWs

Für die Realisierung eines lernerorientierten (Chemie-)Unterrichts braucht es Lehrerinnen und Lehrer, die Lernangebote so gestalten, dass die Sichtweisen und Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler darin berücksichtigt und aufgegriffen werden (Adamina et al., 2018a). Der Praxistransfer, Vorstellungen diagnostizieren und in der Unterrichtspraxis integrieren zu können, scheint allerdings nach wie vor eine Herausforderung für Lehrkräfte zu sein (Gomez-Zwiep, 2008; Ilyas & Saeed, 2018;

Uhren et al., 2013). Das verdeutlicht sowohl der dargelegte Forschungsstand in Kapitel 3.4, als auch das mittel- bis unterdurchschnittliche Abschneiden der befragten, angehenden Lehrkräfte dieser Studie (vgl. Tabelle 9.3 in Ergebnisse Forschungsanliegen 1, 9.1.1). Mangelndes Wissens zu diesem Sachverhalt lässt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, dass die Thematisierung bzw. Förderung entsprechender Kenntnisse in der Lehrerbildung bislang zu kurz kommt. Obwohl zahlreiche Publikationen und empirische Untersuchungen zur Thematik der Schülervorstellungen zu finden sind, merken Steffensky und Kolleginnen kritisch an, dass „die Beschäftigung mit diesen Konzepten bislang nur wenig Konsequenzen für die schulische und noch weniger für die universitäre Ausbildungssituation nach sich gezogen [hat]“ (Steffensky et al., 2005, S. 277).

Die Chemiedidaktik sollte sich daher zukünftig verstärkt zur Aufgabe machen, die Ergebnisse und Erkenntnisse aus fachdidaktischen Forschungsarbeiten für Lehrkräfte zugänglich zu machen (Fanta, Bröll & Oetken, 2012). Vor allem vor dem Hintergrund, dass Schülervorstellungen auch oftmals noch unter Lehramtsstudierenden und Lehrkräften präsent sind, besteht Handlungsbedarf. Im Gegensatz zu Vorstellungen, die aus dem alltäglichen bzw. vorunterrichtlichen Kontext stammen, können *unterrichtsinduzierte Vorstellungen* (3.1.2) durch eine entsprechende Vorbereitung innerhalb der Lehrerbildung vorgebeugt werden. In Form von gezielten Trainingsmöglichkeiten (Interventionen) ließe sich dieser Forderung nachkommen, indem Lehrkräfte u. a. lernen die empirisch gefundenen Hinweise für die eigene Unterrichtspraxis nutzbar zu machen. Mit dem Ziel die Lehrerbildung stetig weiter zu qualifizieren, stellt damit die Frage, durch welche fachspezifischen Interventionsmaßnahmen und Materialien das PCK von (angehenden) Lehrkräften gefördert werden kann, ein bedeutsames Forschungsdesiderat für nachfolgende Untersuchungen dar (Rutsch, 2016; Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018; Unger, Rutsch, Keller, Dörfler & Glaser, 2018). Einhergehend mit klaren Zielformulierungen zur inhaltlichen Ausgestaltung von fachbezogenen Lehrveranstaltungen (vgl. *(3)*), ließe sich schließlich auch ein konkretes Interventionskonzept ableiten. Bezogen auf die untersuchten PCK-Aspekte in dieser Arbeit wäre damit das Ziel zu verfolgen, (angehende) Lehrkräfte beim adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen im Chemieunterricht zu unterstützen (vgl. Arbeitsmodell, Kapitel 5).

Die bereits gewonnenen Erkenntnisse dieser Studie, welche inhaltlichen Lehrveranstaltungen besonders förderlich für das CDW sind (vgl. Ergebnisse Forschungsanliegen 3, 9.3 und deren Diskussion in 10.3), können an dieser Stelle erste Ansatzpunkte für mögliche Interventionsinhalte liefern. Besonders wertvoll sind die Hinweise, welche Wissensbereiche (dCDW oder pCDW) durch entsprechende Veranstaltungen gefördert werden können. Eine theoretische Fundierung für fachbezogene Interventionsmaßnahmen, zur spezifischen Förderung von deklarativen und prozeduralen Kenntnissen im Bereich der Schülervorstellungen, liefert das in Kapitel 5 vorgestellte Arbeitsmodell. Aus den beschriebenen Konstruktfacetten geht umfassend hervor, über welches grundlegende fachdidaktische Wissensrepertoire Lehrkräfte verfügen sollten: Neben theoretischem Faktenwissen über inhaltsspezifische Vorstellungen wird dabei das Wissen zu Unterrichtsmethoden, wie Concept Cartoons, sowie das Wissen zur Gestaltung von kognitiv aktivierenden, inhaltlich strukturierten und konstruktiv unterstützenden Lernarrangements benannt. Orientiert an den aufgeführten Inhalten in der Lehr-Landkarte (Kapitel 3) und in der Konstruktfacettenbeschreibung (Kapitel 5) könnten Materialien entwickelt werden, die es im Rahmen der Intervention von den (angehenden) Lehrkräften zu bearbeiten gilt. Insbesondere die Thematisierung von Diagnoseinstrumenten (3.2) und möglichen Ursachen von Schülervorstellungen (3.1.2) erscheint dabei notwendig zu sein, da in diesen Bereichen häufig große Defizite im Wissen der Lehrkräfte zu finden sind (u. a. Morrison & Lederman, 2003; Rohrbach & Marohn, 2016).

Grundsätzlich wäre ein Interventionskonzept optimal, das begleitend zu den Praxisphasen im Studium angeboten wird. Eine Kombination mit Lerngelegenheiten zur Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten im Lehr-Lern-Labor wäre ebenso möglich. Zum einen würden die Interventionsbausteine in diesen Fällen theoretische Lernphasen (deklaratives CDW) beinhalten. Zum anderen könnte das Erlernte so auch in der Praxis bzw. im Lehr-Lern-Labor erprobt (prozedurales CDW), reflektiert und gemeinsam nachbesprochen werden (vgl. *(2)*). Angesichts der Befundlage, dass auch praxiserfahrenere Lehrkräfte ein eingeschränktes Verständnis über die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler haben (z. B. Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Pietzner, 2016) bzw. selbst über jene verfügen (3.4), gilt es auch für die dritte Berufsphase Gelegenheiten zum „Lebenslangen Lernen“ zu schaffen. Lernangebote, in denen u. a. neuere Inhalte der Lehrerbildungsstandards

(wozu die Thematik der Schülervorstellung gehört) aufgearbeitet werden können. Allerdings braucht es hierfür nach Krauss, Lindl, Schilcher und Tepner (2017) fest implementierte „Lerngelegenheiten (mit Expertenfeedback, Aneignungs-, Reflexions- und Praxisphasen usw.), die weit über eintägige Fortbildungen hinausgehen" (Krauss, Lindl, Schilcher & Tepner, 2017, S. 49). Zur strukturierten Förderung des CDWs wäre es demnach durchaus denkbar die vorangegangenen, skizzierten Interventionsmaßnahmen für die erste und zweite Phase auch auf Fort- und Weiterbildungsangebote der dritten Phase auszuweiten und anzupassen.

(5) Zusammenhänge zwischen den Wissensdomänen

Neben der Ausarbeitung von curricularen Angeboten (vgl. *(4)*), die auf die Förderung von PCK-Aspekten ausgerichtet sind, bietet es sich gleichzeitig an, Wirkfaktoren zu identifizieren, die einen Einfluss auf den Erwerb und die Entwicklung des PCK haben. In diesem Zusammenhang wird immer wieder die Rolle des CK und des PPK diskutiert (u. a. Baumert & Kunter, 2011a; Krauss, Neubrand et al., 2008; Lenske et al., 2016; Lindl & Krauss, 2017). Die in dieser Studie zugrunde liegenden Fragestellungen (Kapitel 6) konzentrieren sich allerdings nur auf die Untersuchung des PCK bzw. CDWs und dessen innere Struktur (vgl. Ergebnisse Forschungsanliegen 1, 9.1.1 und deren Diskussion in 10.1). Zusammenhänge des CDWs zu den weiteren genannten Facetten des Professionswissens wurden hier bislang noch nicht differenzierter untersucht. Das gilt es zukünftig nachzuholen, denn die Fragen, ob es sich bei den Professionswissensbereichen um drei abgrenzbare Domänen handelt und in welche Wissensfacetten sich diese strukturieren lassen, kann anhand der vorliegenden empirischen Ergebnisse noch nicht abschließend beantwortet werden. Werden die Zusammenhänge zwischen den fachbezogenen Bereichen betrachtet, wird ein fundiertes Wissen über fachliche Inhalte und Konzepte (CK) als eine Voraussetzung für die Entwicklung und Vertiefung des PCK angesehen (Baumert & Kunter, 2011a; Lindl & Krauss, 2017; Riese & Reinhold 2012; M. Schmidt, 2014). Zunehmend kann die angenommene, enge Beziehungen zwischen PCK und CK in immer mehr Fachdomänen empirisch bestätigt werden (z. B. Kirschner, 2013; Kröger, 2019; Lindl & Krauss, 2017; Riese & Reinhold, 2012; Schödl & Göhring, 2017). Bezogen auf das Zusammenspiel von PCK und PPK lassen sich ebenfalls, je nach Konzeptualisierung, inhaltliche und statistische Überschneidungspunkte feststellen (u. a. Kröger, 2019; Lenske et al. 2016; Riese, 2009; Voss, Kunter et al.,

2011). In einzelnen Fällen finden sich sogar kleinere Zusammenhänge zwischen dem PPK und CK (Kirschner, 2013; Kröger, 2019; Lenske et al., 2016; Riese, 2009; Voss, Kunter et al., 2011). Trotz der festgestellten Beziehungen lassen sich in vielen Untersuchungen die Wissensdomänen statistisch voneinander abgrenzen (z. B. Baumert et al., 2010; Dollny, 2011; Kirschner, 2013; Krauss, Brunner et al., 2008; Lindl & Krauss, 2017; Riese & Reinhold, 2012).

Angesichts der zugrunde gelegten PCK-Aspekte dieser Arbeit (deklaratives und prozedurales CDW zu Schülervorstellungen) bieten sich neben Fragen, die die Dimensionalität und Struktur der drei Professionsbereiche betreffen, auch weiterführende inhaltliche Fragestellungen an. Auf einen entsprechenden Forschungsbedarf weist ebenfalls Larkin (2012) hin: „more research is needed on this connection between subject matter knowledge and teachers' ability to respond productively to the ideas of their students" (Larkin, 2012, S. 955). Insbesondere um fachliche Konzepte, Fragen und Aussagen der Lernenden aufgreifen zu können, benötigt die Lehrkraft neben fachdidaktischen Kenntnissen auch ein fachliches Verständnis über jene Schülervorstellungen, die den Aussagen vielfach zugrunde liegen können (Aufschnaiter et al., 2017; O. De Jong & Taber, 2007). Da wie bereits angesprochen auch unzureichende fachliche Konzepte auf der Seite der Lehrkräfte vorhanden sind (vgl. z. B. *Ionisierungsenergie*: Taber & Tan, 2011; *Modelle*: O. De Jong, 2003) ist es besonders wichtig zukünftig mitzuerfassen, ob die befragten Chemielehrkräfte über fundierte Fachkenntnisse verfügen. Durch die Überprüfung von Zusammenhängen und dem Einfluss von CK auf die Dimensionen des CDWs, ließen sich vermutlich auch die Schwierigkeiten im Bereich der Testaufgaben zum deklarativen CDW anhand geringer Testwerte im CK-Test erklären. So zeigte sich bereits bei Riese und Reinhold (2010), dass zur Bearbeitung der deklarativen fachdidaktischen Testaufgaben, das physikalische Fachwissen bedeutsam ist. Allerdings ist hierbei nicht das universitäre CK ausschlaggebend, sondern jenes der Niveaustufe des vernetzten und vertieften physikalischen Schulwissens. Da sich bewusst bei der Testentwicklung des CDWs-Tests auf Schülervorstellungen zu schultypischen Themen entschieden wurde, wäre es interessant zu überprüfen, ob sich die Befunde von Riese und Reinhold (2010) für die Bearbeitung der hier entwickelten Unterrichtsvignetten replizieren ließe.

Empirisch abgesicherte Befunde zur Frage, welchen Einfluss das PPK spezifisch auf das Wissen und den Umgang mit Schülervorstellungen hat, liegen derzeit noch nicht vor. Allerdings kann angesichts der Ergebnisse von Lenske et al. (2016) und der darin gefundenen Zusammenhangsmuster vermutet werden, dass die Leistung im PPK-Test moderat mit der Leistung in den Vignetten zum prozeduralen CDW und weniger mit dem deklarativen CDW korreliert ist. Lenske et al. (2016, S. 240) berichten über Korrelationen ($r = 0.50$) zwischen dem konditional-prozeduralen PPK und PCK von Chemielehrkräften, wohingegen sich keine statistisch bedeutsame Korrelation ($r = 0.16$) zum deklaratives PPK nachweisen ließen.

Um Zusammenhänge zwischen den fachbezogenen und pädagogisch-psychologischen Facetten des Professionswissens differenzierter untersuchen und voneinander abgrenzen zu können, ist es allerdings notwendig spezifische Maße für CK und PPK einzusetzen. So sollten die Testskalen für beide Bereiche so konzeptualisiert sein, dass die dabei zu erfassenden professionellen Wissensinhalte nicht zu allgemein, sondern auf die Thematik der Schülervorstellungen ausgerichtet sind. Da es sich vor allem bei CK und PCK neben fachabhängigen, auch um themenspezifische Wissensfacetten handelt (Park & Chen, 2012), sollte bei der Überprüfung von Zusammenhängen zwischen diesen Wissensdomänen ebenfalls die Themenspezifität berücksichtigt werden. Es wäre daher nicht zielführend in dem CK-Test übergreifende Inhalte (z. B. der anorganischen Chemie) abzufragen, wenn der PCK-Test auf themenspezifische Inhalte (hier: *Der chemische Stoff und seine Eigenschaften*) ausgerichtet ist. Im CK-Test könnten bspw. die Fachinhalte (z. B. Aggregatzustandsveränderung, Löslichkeit, Verbrennung) aufgegriffen werden, die auch Gegenstand typischer, themenspezifischer Schülervorstellungen sind. Die PPK-Skala könnte hingegen allgemein didaktische Methoden und Herangehensweise im Umgang mit Heterogenität[41] thematisieren.

Auf diese Weise wäre es möglich, wie Kröger (2019, S. 95) es nennt, die „Binnenstruktur“ zwischen den Wissensbereichen tiefergehend zu analysieren. Eine weitere Unterteilung der CK- und PPK-Testaufgaben mit deklarativen und prozeduralen

[41] Das zweite Teilprojekt in EKoL beschäftigte sich mit der Modellierung und Entwicklung von Kompetenzen angehender Lehrkräfte im Umgang mit Heterogenität. In der Gesamterhebung wurde allerdings nur eine Kurzskala aus dem im Teilprojekt entwickelten Vignettentest eingesetzt, anhand derer keine umfassende Aussage zu diesem PPK-Aspekt möglich war. In weiterführenden Studien wäre es aber denkbar eine größere Anzahl an Vignetten aus dem PPK-Teilprojekt einzubeziehen.

Wissenskomponenten wäre denkbar. Neben den Wissensdomänen und -facetten könnten so auch Zusammenhänge zwischen den jeweiligen PCK-, CK- und PPK-Wissensarten Berücksichtigung finden.

(6) Anwendungsmöglichkeiten, Grenzen und Forschungsperspektive des entwickelten Vignettentests

Im Zuge der Konzeption von Trainingsmöglichkeiten zur Förderung von Aspekten des CDWs (vgl. *(4)*), ist es gleichzeitig bedeutsam zu untersuchen, inwieweit diese gezielten Interventionsmaßnahmen tatsächlich einen Einfluss auf die Wissensentwicklung (angehender) Chemielehrkräfte haben. An dieser Stelle könnte der in dieser Studie entwickelte und validierte Vignettentest zukünftig Anwendung finden (*Vignetten als Evaluationsinstrument*). Im Rahmen von Veranstaltungen an Hochschulen oder Fortbildungsinstitutionen wäre es bspw. über eine Prä-Post- und Follow-Up Messung möglich, die Wissensstände der Studierenden bzw. Lehrkräfte eingehender zu untersuchen. Durch das gewählte Design könnten so individuelle Entwicklungsverläufe über die Intervention hinaus nachvollzogen werden. Um die Wirksamkeit der entwickelten Fördermaßnahmen zu überprüfen, müsste gleichzeitig die Testung einer entsprechenden Kontrollgruppe stattfinden, die keine explizite Förderung im CDW erhalten hat. Zur Evaluation eines Seminarkonzeptes zum Thema Schülervorstellungen, befragten Rohrbach-Lochner und Marohn (2018) die teilnehmenden Chemiestudierenden bspw. über Fragebögen, Interviews und Portfolios. Im Vergleich zu dieser Vorgehensweise wäre der Gebrauch des hier vorliegenden standardisierten Testinstruments nicht nur ökonomischer in der Datenerhebung und -auswertung, sondern würde darüber hinaus auch Hinweise geben, welche (deklarativen bzw. prozeduralen) Bereiche des CDWs von Lehrkräften durch gezielte Maßnahmen gefördert werden können. Diese Befunde ließen sich wiederum als Grundlage zum Aufbau weiterer differenzierter Angebote, mit theoretischen (deklaratives CDW) und anwendungsbezogenen Lehr-Lernsettings (prozedurales CDW), nutzen.

In diesem Zusammenhang bestände die Möglichkeit, die innerhalb dieser Arbeit entwickelten Vignetten, die nicht in das endgültige Testheft aufgenommen wurden, als Lehr- und Lernmaterialien in entsprechenden Veranstaltungen einzubeziehen (*Vignetten als Lerninstrument*). Die Arbeit mit berufsnahen Praxisfällen, in Form

von Vignetten (z. B. Unterrichtsvideos, -transkripte, -comics), ist in der Lehrerbildung mittlerweile ein gängiger Ansatz (u. a. Aufschnaiter et al., 2017; Friesen et al., 2020; Grow et al., 2019; Selter et al., 2017). Im Band „Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung“ (Friesen et al., 2020) kann an abwechslungsreichen Praxisbeispielen nachvollzogen werden, wie mit authentischen Szenen aus dem Unterrichtsalltag in verschiedenen Fachdomänen gearbeitet werden kann. Angesichts der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, die die Arbeit mit Vignetten in den verschiedenen Phasen der Lehrerbildung bietet, sollte jenes praxisrelevante Format künftig vermehrt in Lehr- und Fortbildungsveranstaltungen aufgegriffen werden. Die Auswahl der Vignetten sowie die inhaltliche Ausgestaltung von begleitenden Aufgabenstellungen sollten dabei angepasst auf die entsprechende Zielgruppe (Lehramtsstudierende, Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter, erfahrenere Lehrkräfte) und deren jeweiligen Erfahrungs- und Kenntnisstand erfolgen (2.6). Hinweise zu weiteren Kriterien (u. a. Format der Vignetten und Antworten, problemhaltige Situationen vs. Best Practice), die es beim Einsatz von Vignetten in der Lehrerbildung zu berücksichtigen gilt, liefern die Beiträge von Friesen et al. (2020) und Aufschnaiter et al. (2017).

Bei allen Vorteilen, die die Arbeit mit Vignetten bietet (z. B. deren ökonomisches, authentisches, situations-, kontextbezogenes Lern- und Testpotenzial), werden nachstehend auch die Grenzen dieses Verfahrens kritisch beleuchtet. In diesem Zuge wird ebenfalls reflektiert, wie die noch bestehenden Einschränkungen durch mögliche Ergänzungen in zukünftigen Forschungsarbeiten behoben werden könnten.

Zunächst sei darauf hingewiesen, dass sich aufgrund der Fülle an unterschiedlichen Konzeptualisierungen und Unterfacetten des PCK (vgl. Tabelle 2.1), nur auf bestimmte fachdidaktische Aspekte bei der Entwicklung der Vignetten fokussiert werden konnte. Das ist zwar auf der einen Seite sinnvoll, da gerade das PCK von Lehrkräften über Schülervorstellungen themen- und kontextabhängig ist und daher zu einzelnen Inhaltsgebieten vertieft untersucht werden sollte (Kleickmann, Steffensky et al., 2017). Auf der anderen Seite wird durch die in dieser Arbeit aufgegriffene fachdidaktische Konstruktfacette (Wissen zu Schülervorstellungen) sowie die Auswahl an typischen themenspezifischen Schülervorstellungen (Inhaltsbe-

reich: *Der chemische Stoff und seine Eigenschaften*) und zugrunde gelegten Wissensarten (deklaratives, prozedurales Wissen) lediglich ein kleinerer Teilbereich des CDWs repräsentiert. Die in dieser Arbeit gewählten Inhalte spiegeln zwar einen zentralen Aspekt des PCK und der Chemiedidaktik wieder, erheben allerdings keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und bilden damit nicht das gesamte (fachdidaktische) Professionswissen angehender Chemielehrkräfte ab. Um detailliertere und facettenreichere Einblicke in das CDW zu erhalten, wird für weiterführende Arbeiten vorgeschlagen, verschiedene Ergänzungen in Bezug auf die Konstruktfacetten (z. B. Wissen über Experimente), die Inhaltsbereiche (z. B. Schülervorstellungen zum Thema Redoxreaktion) als auch die Wissensarten (z. B. konditionales Wissen) vorzunehmen. Eine Weiterentwicklung des Testinstruments könnte darin bestehen, schon vorhandene und validierte Testaufgaben aus anderen naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsprojekten (z. B. ProwiN) zu integrieren, die jene angesprochenen Bereiche komplementieren können. In diesem Zuge wäre es möglich, je nachdem wie die untersuchten Aspekte zusammenhängen, Hinweise auf die konvergente bzw. diskriminante Validität der jeweiligen Testversionen zu erhalten.

Weiterhin könnte über eine Ergänzung des Test- bzw. Vignettenformats, vor allem zur Überprüfung des prozeduralen CDWs, nachgedacht werden. Ein Format, das die komplexen (impliziten) Handlungsabläufe der realen Performanzsituation noch stärker fokussiert und berücksichtigt. Wenngleich in einigen anderen Forschungsarbeiten ebenfalls auf schriftliche Testformate zur Erfassung der genannten Wissensart zurückgegriffen wurde (u. a. ProwiN: Kirschner et al., 2017; KiL-Projekt: Kröger, 2019), machen u. a. Lindmeier (2013) und Neuweg (2015) darauf aufmerksam, dass sich zur Erfassung von handlungsnahem, prozeduralem Wissen auch andere Zugänge, wie bspw. videobasierte Verfahren, anbieten. In Abwägung der Herausforderungen, die auch beim Einsatz von Videovignetten bestehen (Grenzen und Möglichkeiten von Videovignette: Seifried & Wuttke, 2017), gilt es daher in Folgestudien auch die Möglichkeit zur Erweiterung des schriftlichen Tests durch videobasierte Methoden zu diskutieren. Grundsätzlich sollte ein verstärktes Anliegen zukünftiger Studien darin liegen, neben Vignetten noch andere test- und forschungsmethodische Zugänge zu wählen, um vertiefte Einblicke in die Lernprozesse und Tiefenstrukturen des pädagogischen Handelns („Blackbox“) von (angehenden) Lehrkräften zu erhalten. Ein Beispiel hierfür liefert die Untersuchung von

Paseka und Hinzke (2014), die in Dilemmainterviews Fallvignetten einsetzten. Die kleinschrittige Sequenzanalyse mit der dokumentarischen Auswertungsmethode erscheint dabei vielversprechend, um rekonstruieren zu können, *wie* an unbekannte Praxissituationen herangegangen wird. Ausgehend von den in dieser Arbeit entwickelten textbasierten Vignetten (Kapitel 7), könnte dann ein Vergleich der verschiedenen Test- und Auswertungsansätze zur Erfassung von prozeduralen Wissensaspekte angeschlossen werden.

Bei jeglichen Ergänzungen gilt es jedoch zu beachten, dass die Testaufgaben in einem angemessenen Zeitrahmen bearbeitet werden können und so die Ökonomie in der Testdurchführung wie -auswertung gewährleistet bleibt. Eine Möglichkeit die zur Verfügung gestellte Testzeit optimal zu nutzen, könnte darin bestehen, andere, weniger (zielgruppen-)relevante Testteile, die bislang verbindlich im Rahmen der EKoL-Gesamterhebung eingesetzt wurden, zu kürzen.

Neben den schon angesprochenen Einschränkungen, dass die in der Arbeit untersuchten Facetten, Inhaltsbereiche und Wissensarten nur einen ausschnitthaften Einblick in das CDW der (angehenden) Lehrkräfte ermöglichen, ist gleichzeitig anzumerken, dass auch die einzelnen Vignetten nur reduzierte Ausschnitte aus dem schulischen Alltag darstellen (Krammer, 2014). So wird z. B., je nachdem aus welcher Perspektive (Lehrkraft, Schülerin, Schüler) die Vignette gezeigt wird und unter welchem Fokus die Vignettenbearbeitung vorgenommen werden soll, die Perspektive der jeweils anderen Beteiligten weniger berücksichtigt. Obwohl bei der Entwicklung der Vignetten wichtige Kontextinformationen (wie zur Schulform, Klassenstufe und Einordnung des Unterrichtsthemas) eingeflossen sind, konnten nicht alle Gegebenheiten der tatsächlichen Realsituation (z. B. unvorhergesehene Unterrichtsstörungen) einbezogen werden. Somit stellen die beschriebenen Unterrichtsituationen – trotz ihres authentischen und handlungsnahen Charakters – nur eine starke Vereinfachung des komplexen Unterrichtsgeschehens und der beruflichen Anforderungen dar. Daher kann aus der Bearbeitung der Vignetten zum CDW nicht ohne weiteres geschlussfolgert werden, ob jene erfragten Kenntnisse auch im realen Anwendungskontext handlungswirksam zum Einsatz kommen (Gramzow et al., 2013b). Eine Möglichkeit, um eine nachhaltige Aussage über die Wirksamkeit des professionellen Handelns im Klassenzimmer treffen zu können, besteht in der Verknüpfung mit dem Lern- und Leistungserfolg der Schülerinnen und Schüler.

Betrachtet man das bisherige Vorgehen der hier beschriebenen Studie, um Hinweise auf die Validität des Testinstruments zu erfahren, so kann für einige Aspekte (inhaltlich, konvergent, diskriminant) festgehalten werden, dass die dabei gewonnenen Ergebnisse, für die Validität des entwickelten Vignettentests sprechen. Allerdings steht die Untersuchung eines zentralen Validitätsaspektes – die prädiktive Validität – noch aus. Im Zuge der Überprüfung, ob es sich bei dem entwickelten Test um ein prädiktiv valides Instrumentarium handelt, muss in zukünftigen Studien zunächst geklärt werden, *welche* Kriterien geeignet wären, um diesem Validitätsaspekt nachzugehen. Die in der Abbildung 2.1 angedeutete Wirkkette, verweist auf folgende denkbaren Validierungskriterien: *Unterrichtshandeln*, *Unterrichtsqualität* sowie *Lernleistung und -motivation der Lernenden*. Auch Lange (2010) kommt zu dem Schluss, dass ein hoher PCK-Testscore nur dann ausschlaggebend ist, wenn der eingesetzte Test „prädiktiv für die Unterrichtsqualität und damit für die Lernleistungen der Schüler ist“ (Lange, 2010, S. 100). Eine Frage, die demnach noch weiteren empirischen Untersuchungen bedarf, bezieht sich auf die praktische Bedeutsamkeit des entwickelten Testinstruments zum CDW. Aktuelle Befunde aus den Naturwissenschaften zeigen vor allem in Bezug auf die Lernleistungen, dass bestimmte PCK-Aspekte von Lehrkräften prädiktiv für die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler sind (u. a. Kleickmann, Steffensky et al., 2017; Strübe et al., 2016; Tröger et al., 2017). Angesichts der aussichtsreichen Befunde liegt es nahe in Folgestudien zu überprüfen, ob das CDW die Qualität des Unterrichtshandelns von (angehenden) Lehrkräften beeinflusst und darüber hinaus eine positive Auswirkung auf die Lernleistung und -motivation der Lernenden hat.

Zur Umsetzung dieses Vorhabens ist es notwendig, neben dem entwickelten Vignettentest zusätzlich die Unterrichtsqualität sowie kognitive und motivationale Variablen seitens der Lernenden zu erheben. Eine Möglichkeit um Zugänge zum Unterrichtshandeln zu erhalten besteht darin, Unterrichtsstunden bspw. in einen bestimmten Beobachtungszeitraum (während des Schulpraktikums bzw. Vorbereitungsdienstes) zu videografieren und mit niedrig- und hochinferenten Items auszuwerten (wie bei Strübe et al., 2016; Tröger, Sumfleth & Tepner, 2015). Die Erfassung und Beurteilung der Unterrichtsqualität mittels dieser Methodenwahl soll Einblicke in die Sicht- als auch Tiefenstrukturen des Unterrichts ermöglichen (Praeto-

rius, 2014). Der Fachwissenstests zur Überprüfung der Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler sollte bestmöglich in Einklang mit den zugrunde legten Inhalten des CDW-Vignettentests konzipiert werden. Der Inhaltsbereich der in dieser Arbeit entwickelten Vignetten bezieht sich u. a. auf Basiskonzepte der Chemie (Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschafts-Konzept), die zentraler Gegenstand des Unterrichts sind. Somit würde es sich anbieten die Aufgaben des Fachwissenstests so zu gestalten, dass sie genau zu diesen Themen die fachlichen Vorstellungen der Lernenden in den Blick nehmen. Um auch die Motivation und Freude beim Lernen mitberücksichtigen zu können, liegt es nahe, Kovariaten hinzuziehen, die motivationale Aspekte und Einstellungen der Lernenden erfragen. Die Entwicklung der Lernleistung und Freude am Lernen könnte dann über ein Prä-Post-Design, oder noch spezifischer über ein Cross-Lagged-Panel-Design ermittelt werden (Reinders, 2006; Rutsch, 2016). Bei dem zweitgenannten Forschungsdesign würde zusätzlich zu den kognitiven und motivationalen Variablen der Lernenden, das CDW der teilnehmenden Lehrkräfte zu zwei Messzeitpunkten erhoben werden (meistens zu Beginn und am Ende eines Schuljahres). Über Kreuzpfade könnten dann die verschiedenen Variablenpaare in Beziehung zueinander gesetzt werden (Reinders, 2006). Dadurch besteht die Möglichkeit in den Längsschnittdaten zu überprüfen, ob ein höheres CDW der Lehrkraft einen positiven Effekt auf die Entwicklung der Lernmotivation und den Aufbau angemessener Fachkonzepte (Lernleistung) bei den Lernenden hat. Es wäre dabei zu erwarten, dass Schülerinnen und Schüler, die über mehr fachlich angemessene Vorstellungen verfügen, von Lehrkräften unterrichtet wurden, die einen entsprechend hohen Testscore im CDW erreicht haben.

Zusammenfassung:

Abschließend kann festgehalten werden, dass trotz der genannten Limitationen, die vorliegende Studie einen zentralen Beitrag zur Aufklärung der „inneren Struktur“ des fachdidaktischen Professionswissens leisten konnte. Das Ergebnis der empirischen Strukturüberprüfung, dass sich die zwei postulierten Dimensionen des deklarativen und prozeduralen CDWs analytisch trennen lassen, stellt dabei eine neue Erkenntnis für die fachdidaktische Forschung dar. Die vorliegenden Befunde zur Validität und Reliabilität weisen darauf hin, dass ein vignettenbasiertes Testinstrument als geeignet erscheint, um jene Wissensarten quantitativ zu erfassen (*Vignetten als Forschungsinstrument*). Eine vielversprechende Perspektive ergibt

sich darüber hinaus auch für die Nutzung des Testverfahrens. So könnte der entwickelte Test exemplarisch als *Evaluationsinstrument* zur Identifizierung von Merkmalen einer erfolgreichen Lehrerbildung im Themenkomplex Schülervorstellungen eingesetzt werden. Die in diesem Zuge gewonnenen Erkenntnisse sollten dann mit Blick auf die Ausarbeitung von curricularen Angeboten der Pädagogischen Hochschulen, Universitäten, Staatlichen Seminaren und Fortbildungsinstitutionen zur Förderung des CDWs diskutiert und genutzt werden. In entsprechend konzipierten Interventionen könnten die im Rahmen der Studie entwickelten Vignetten ebenfalls als *Lerninstrumente* zum Einsatz kommen. Schlussendlich sind neben quer- und längsschnittlichen Fragestellungen zu phasenübergreifenden Entwicklungsverläufen des CDWs vor allem Untersuchungen zur prädiktiven Validität des Vignettentests von zentraler Bedeutung. Demzufolge gilt es zukünftig zu überprüfen, ob das gemessene CDW im professionellen Unterrichtshandeln der befragten Lehrkräfte wiederzufinden ist und darüber hinaus einen positiven Einfluss auf die Lernleistung und Motivation der Lernenden hat. Wie in den vorangegangenen Abschnitten aufgezeigt, gibt es demnach noch einige Aufgabenbereiche, die durch weitere Untersuchungen verfolgt werden sollten. Interessante Anknüpfungspunkte für mögliche Anschlussarbeiten wurden durch dieses Kapitel gegeben, sodass es wünschenswert wäre, mit den erhaltenen Anregungen an den noch bestehenden Forschungsdesideraten intensiv weiterzuarbeiten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1. Modell der Professionalisierung im Lehrerberuf des EKoL-Projekts (adaptiert nach Rutsch, Vogel, Seidenfuß et al., 2018, S. 11). 18
Abbildung 2.2. Wirkung des fachdidaktischen Wissens auf Unterrichtsangebote und Lernende (Verkürzte Darstellung in Anlehnung an das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke, 2017). 24
Abbildung 2.3. Angebots-Nutzungs-Modell von Lerngelegenheiten in der Lehrerbildung (adaptiert nach Voss, 2019, S. 11). 30
Abbildung 2.4. Kompetenzmodell des KiL-Projektes (aus Kröger, Neumann & Petersen, 2013, S. 533). 47
Abbildung 2.5. Modell zum fachdidaktischen Wissen im ProwiN-Projekt (adaptiert nach Tepner et al., 2012, S. 19). 48
Abbildung 2.6. Modell des biologiedidaktischen Wissens (aus Schmelzing, 2010, S. 29). 48
Abbildung 2.7. Modell des physikdidaktischen Wissens in ProfiLe-P nach Riese (2009) (aus Gramzow et al., 2013b, S. 13). 49
Abbildung 3.1. Lehr-Landkarte als Advance Organizer für das dritte Kapitel (Erweiterung der ersten Version der Lehr-Landkarte aus Feige, Rutsch, Dörfler & Rehm, 2017, S. 7). 59
Abbildung 3.2. Lösungsvorgang von Zucker in Wasser im Kugelteilchenmodell (aus Häusler, Pfeifer & Schmidkunz, 1996, S. 23). 65
Abbildung 3.3. Concept Cartoon als Gesprächsanlass zur Frage „Leitet Wasser Strom und ist es deshalb gefährlich, wenn ein Föhn ins Badewasser fällt?“ 72
Abbildung 3.4. Concept Cartoon zum Thema ‚Kunststoffe‘ (aus Steininger, 2016, S. 5).73
Abbildung 5.1. Arbeitsmodell des chemiedidaktischen Wissens zu Schülervorstellungen. 103
Abbildung 7.1. Vignettenstamm der Beispielvignette zum deklarativen CDW. 132
Abbildung 7.2. Fachdidaktische Aufgabenstellung der Beispielvignette zum deklarativen CDW. 133
Abbildung 7.3. Auszug an Antwortmöglichkeiten bei der Beispielvignette zum deklarativen CDW. 134
Abbildung 8.1. Beispielskala zur Einschätzung behandelter Inhalte zum Themenbereich „Schülervorstellungen“ an Pädagogischen Hochschulen und Staatlichen Seminaren. 145
Abbildung 9.1. Zweidimensionales Modell mit den Dimensionen deklaratives (dCDW) und prozedurales chemiedidaktisches Wissen zu Schülervorstellungen (pCDW). 157
Abbildung 9.2. Eindimensionales Modell mit der Dimension „Chemiedidaktisches Wissen zu Schülervorstellungen“ (CDW). 158

Abbildung 11.1. Vignettenstamm der Beispielvignette zum prozeduralen CDW.266
Abbildung 11.2. Fachdidaktische Fragestellung der Beispielvignette zum prozeduralen CDW. 267
Abbildung 11.3. Antwortmöglichkeiten bei der Beispielvignette zum prozeduralen CDW. 268
Abbildung 11.4. Auswertungsmanual zu den Antwortmöglichkeiten bei der Beispielvignette zum prozeduralen CDW. 272

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1. Operationalisierungen von PCK (Eigene Darstellung verändert und erweitert nach Cauet, 2016, S. 18) 40

Tabelle 2.2. Nationale und internationale Bezeichnungen von verschiedenen Wissensarten (zusammengeführt aus den angegebenen Quellen) 43

Tabelle 2.3. Darstellung „Structure of Teachers' Professional Knowledge" (adaptiert nach Baumert et al., 2002, S. 13) 46

Tabelle 2.4. Möglichkeiten zur Kompetenzerfassung (aus Benz, 2018, S. 207) ... 51

Tabelle 7.1. Überblick über die entwickelten Vignetten inklusive Anzahl an Items pro Konstruktfacette 130

Tabelle 7.2. Kurzbeschreibung der Aufgabenstellungen von weiteren Konstruktfacetten 135

Tabelle 8.1. Korrelation zwischen den hinzugezogenen Selbstberichtsdaten 143

Tabelle 8.2. Erfassung unterrichtspraktischer Erfahrungen (Auszug aus Testheft) 144

Tabelle 8.3. Überblick über ausgewählte Modellfits und Anspruchsniveaus zur Beurteilung der Messmodelle in dieser Arbeit (u. a. zusammengestellt aus Bühner, 2011; Homburger & Baumgartner, 1995; Moosbrugger & Kelava, 2012) 153

Tabelle 9.1. Modellfits des ein- und zweidimensionalen Modells im Vergleich. 159

Tabelle 9.2. Ergebnisse der Itemanalyse 160

Tabelle 9.3. Skalenmittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der zwei Skalen CDWs 161

Tabelle 9.4. Modellfits und interne Konsistenzen der verwendeten Selbstberichtsdaten (Forschungsanliegen 1) 162

Tabelle 9.5. Modellfits und interne Konsistenzen der verwendeten Selbstberichtsdaten (Forschungsanliegen 2) 164

Tabelle 9.6. Verteilung der behandelten Themen in Veranstaltungen an der Hochschule und am Staatlichen Seminar 166

Tabelle 9.7. Multiple Regressionsanalyse mit der Kriteriumsvariablen dCDW . 169

Tabelle 9.8. Multiple Regressionsanalyse mit der Kriteriumsvariablen pCDW . 170

Tabelle 9.9. Hierarchische Regressionsanalyse zur Vorhersage der Leistung im dCDW 172

Tabelle 9.10. Hierarchische Regressionsanalyse zur Vorhersage der Leistung im pCDW 174

Tabelle 10.1. Vergleich der Reliabilitätswerte verschiedener fachdidaktischer Forschungsprojekt 180

Literaturverzeichnis

Abell, S. K. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 1105–1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers.

Adamina, M. (2018). Schülerinnen- und Schülervorstellungen zur Erde, zu fernen Räumen und zu Lebensweisen von Menschen in verschiedenartigen Gebieten der Erde. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard & E. Engeli (Hrsg.), *„Wie ich mir das denke und vorstelle…". Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft* (S. 211–230). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.

Adamina, M., Kübler, M., Kalcsics, K., Bietenhard, S. & Engeli, E. (Hrsg.). (2018a). *„Wie ich mir das denke und vorstelle…". Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.

Adamina, M., Kübler, M., Kalcsics, K., Bietenhard, S. & Engeli, E. (2018b). Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Themen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft – Einführung. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard & E. Engeli (Hrsg.), *„Wie ich mir das denke und vorstelle…". Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft* (S. 7–20). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.

Adamina, M., Möller, K., Steffensky, M., Sunder, C. & Wyssen, H.-P. (2017). *Maßnahmen der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht - Kognitiv anregen und inhaltlich strukturieren,* Institut für Psychologie in Bildung und Erziehung und Institut für Didaktik des Sachunterrichts. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/koviu/szenen_lu/massnahmen-der-lernunterstuetzung-uebersicht_-viu.pdf

Akamca, G. Ö., Ellez, A. M. & Hamurcu, H. (2009). Effects of computer aided concept cartoons on learning outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 296–301. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.054

Alexander, C. & Becker, H. (1978). The use of vignettes in survey research. *Public Opinion Quarterly*, *42*(1), 93–104.

Alisch, L.-M., Hermkes, R. & Möbius, K. (2009). Messen von Lehrprofessionalität I: Grundlagen. In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (Beltz-Bibliothek, S. 249–262). Weinheim: Beltz.

Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives.* New York:: Longman.

Artelt, C., Beinicke, A., Schlagmüller, M. & Schneider, W. (2009). Diagnose von Strategiewissen beim Textverstehen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *41*(2), 96–103. https://doi.org/10.1026/0049-8637.41.2.96

Atria, M., Strohmeier, D. & Spiel, C. (2006). Der Einsatz von Vignetten in der Programmevaluation – Beispiele aus dem Anwendungsfeld „Gewalt in der Schule“. In U. Flick (Hrsg.), *Qualitative Evaluationsforschung. Konzepte - Methoden - Umsetzung* (rororo Rowohlts Enzyklopädie, Bd. 55674, Originalausgabe, S. 233–249). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Aufschnaiter, C. v., Selter, C. & Michaelis, J. (2017). Nutzung von Vignetten zur Entwicklung von Diagnose- und Förderkompetenzen – Konzeptionelle Überlegungen und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 85–105). Münster: Waxmann.

Aydeniz, M. & Kirbulut, Z. D. (2014). Exploring challenges of assessing pre-service science teachers’ pedagogical content knowledge (PCK). *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, *42*(2), 147–166. https://doi.org/10.1080/1359866X.2014.890696

Bach, A. (2013). *Kompetenzentwicklung im Schulpraktikum. Ausmaß und zeitliche Stabilität von Lerneffekten hochschulischer Praxisphasen* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 87, 1. Auflage). Münster: Waxmann.

Backhaus, K., Erichson, B. & Weiber, R. (2015). *Fortgeschrittene Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung* (3. überarbeitete und aktualisierte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.

Baer, M., Dörr, G., Fraefel, U., Kocher, M., Küster, O., Larcher, S. et al. (2007). Werden angehende Lehrpersonen durch das Studium kompetenter? Kompetenzaufbau und Standarderreichung in der berufswissenschaftlichen Ausbildung an drei Pädagogischen Hochschulen in der Schweiz und in Deutschland. *Unterrichtswissenschaft*, *35*(1), 15–47.

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S. & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *14*(1), 85–117. https://doi.org/10.1007/s11618-011-0168-5

Baraldi, A. N. & Enders, C. K. (2010). An introduction to modern missing data analyses. *Journal of School Psychology*, *48*(1), 5–37. https://doi.org/10.1016/j.jsp.2009.10.001

Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen* (Springer-Lehrbuch). Berlin: Springer.

Barke, H.-D., Engida, T. & Yitbarek, S. (2009). Concept Cartoons: Diagnose, Korrektur und Prävention von Fehlvorstellungen im Chemieunterricht. *PdN-ChiS, 58*(8), 1–23. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/concept_cartoons_in_deutsch.pdf

Barke, H.-D., Harsch, G., Marohn, A. & Krees, S. (2015). *Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis* (2. Auflage). Berlin: Springer.

Barke, H.-D. & Yitbarek, S. (2009). Zur Diskussion gestellt. Concept-Cartoons – Hilfen zur Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. *MNU, 2006*(6), 364–371.

Bauer, J. (2004). Fehlerkultur und epistemische Überzeugungen als Einflussfaktoren individuellen Kompetenzerwerbs am Arbeitsplatz. In H. Gruber, C. Harteis, H. Heid & B. Meier (Hrsg.), *Kapital und Kompetenz. Veränderungen der Arbeitswelt und ihre Auswirkungen aus erziehungswissenschaftlicher Sicht* (S. 59–75). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Bauer, J. (2008). *Learning from errors at work. Studies on nurses' engagement in error-related learning activities*. Dissertation. Universität, Regensburg.

Bauer, J., Drechsel, B., Retelsdorf, J., Sporer, T., Rösler, L., Prenzel, M. et al. (2010). Panel zum Lehramtsstudium – PaLea: Entwicklungsverläufe zukünftiger Lehrkräfte im Kontext der Reform der Lehrerbildung. *Beiträge zur Hochschulforschung, 32*, 34–55.

Bauer, J., Festner, D., Harteis, C. & Heid, H. (2004). Fehlerorientierung im betrieblichen Arbeitsalltag. Ein Vergleich zwischen Führungskräften und Beschäftigten ohne Führungsfunktion. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 100*(1), 65–82.

Bauer, J. & Mulder, R. H. (2007). *Lernen aus Fehlern im Pflegealltag. Abschlussbericht zur Feldstudie in neun bayerischen Krankenhäusern*. (Forschungsbericht Nr. 3). Universität Regensburg.

Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente.*, Berlin: MPI für Bildungsforschung.

Baumert, J., Blum, W. & Neubrand, C. (2002). *Drawing the lessons from PISA 2000 – Long-term research implications: Gaining a better understanding of the relationship between system inputs and learning outcomes by assessing instructional and learning processes as mediating factors.* Symposium on Assessing Policy Lessons from PISA, Berlin.

Baumert, J., Gruehn, S., Heyn, S., Köller, O. & Schnabel, K.-U. (1997). *Bildungsverläufe und psychosoziale Entwicklung im Jugendalter (BIJU). Dokumentation - Band 1*. Skalen Längsschnitt I, Welle 1-4. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9*(4), 469–520. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2

Baumert, J. & Kunter, M. (2011a). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.

Baumert, J. & Kunter, M. (2011b). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 163–191). Münster: Waxmann.

Baumert, J. & Kunter, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In I. Gogolin, H. Kuper, H.-H. Krüger & J. Baumert (Hrsg.), *Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 277–337). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00908-3_13

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. et al. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, *47*(1), 133–180. https://doi.org/10.3102/0002831209345157

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Unterricht und die mathematische Kompetenz von Schülerinnen und Schülern (COACTIV) – Ein Forschungsprogramm. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 7–26). Münster: Waxmann.

Beck, E., Baer, M., Guldimann, T., Bischoff, S. & Brühwiler, C. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 63). Münster: Waxmann.

Bentler, P. M. & Chou, C.-P. (1987). Practical Issues in Structural Modeling. *Sociological Methods & Research*, *16*(1), 78–117. https://doi.org/10.1177/0049124187016001004

Benz, J. (2018). Vignetten. In J. Boelmann (Hrsg.), *Empirische Forschung in der Deutschdidaktik* (S. 203–219). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Besser, M. & Krauss, S. (2016). Der Lehrer als Experte: Professionswissen verstehen und entwickeln. *Journal für LehrerInnenbildung*, *16*(4), 42–47.

Blömeke, S., Bremerich-Vos, A., Haudeck, H., Kaiser, G., Nold, G., Schwippert, K. et al. (Hrsg.). (2011). *Kompetenzen von Lehramtsstudierenden in gering strukturierten Domänen. Erste Ergebnisse aus TEDS-LT*. Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Bremerich-Vos, A., Kaiser, G., Nord, G., Haudeck, H. & Keßler, J.-U. & Schwippert, K. (Hrsg.). (2013). *Professionelle Kompetenzen im Studienverlauf. Weitere Ergebnisse zur Deutsch-, Englisch- und Mathematiklehrerausbildung aus TEDS-LT*. Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Buchholtz, C. & Bremerich-Vos, A. (2013). Zusammenhang institutioneller Merkmale mit dem Wissenserwerb im Lehramtsstudium. In S. Blömeke, A. Bremerich-Vos, G. Kaiser, G. Nord, H. Haudeck & Keßler, J.-U. & Schwippert, K. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen im Studienverlauf. Weitere Ergebnisse zur Deutsch-, Englisch- und Mathematiklehrerausbildung aus TEDS-LT* (S. 167–187). Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Felbrich, A. & Müller, C. (2008). Messung des erziehungswissenschaftlichen Wissens angehender Lehrkräfte. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (eds.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare; erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 171–193). Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, *223*(1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Blömeke, S., Kaiser, G., Döhrmann, M., Helsper, W. & Tippelt, R. (2011). Bedingungsfaktoren des fachbezogenen Kompetenzerwerbs von Lehrkräften. Zum Einfluss von Ausbildungs-, Persönlichkeits- und Kompositionsmerkmalen in der Mathematiklehrerausbildung für die Sekundarstufe I. In *Pädagogische Professionalität* (Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft Bd. 57, S. 77–103). Weinheim: Beltz. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-70886

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Eds.). (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare; erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2010). *TEDS-M 2008. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Lehmann, R., Seeber, S., Schwarz, B., Kaiser, G., Felbrich, A. et al. (2008). Niveau- und institutionsbezogene Modellierungen des fachbezogenen Wissens. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (eds.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare; erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 105–134). Münster: Waxmann.

Blömeke, S., Suhl, U. & Kaiser, G. (2011). Teacher education effectiveness: Quality and equity of future primary teachers' mathematics and mathematics pedagogical content knowledge. *Journal of Teacher Education*, *62*(2), 154–171.

Blömeke, S., Suhl, U., Kaiser, G., Felbrich, A., Schmotz, C. & Lehmann, R. (2010). Lerngelegenheiten und Kompetenzerwerb angehender Mathematiklehrkräfte im internationalen Vergleich. *Unterrichtswissenschaft*, *38*(1), 29–50.

Böhnke, A. & Thiel, F. (2016). Unterrichtsbezogene Fehlerorientierung von Lehrkräften – Adaption und Validierung eines Fragebogens. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *30*(1), 57–67. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000168

Borowski, A., Olszewski, J. & Fischer, H. E. (2010). Fachdidaktisches Wissen von Physikreferendaren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, *63*(5), 260–263.

Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch, 4. überarbeitete Auflage). Heidelberg: Springer Verlag.

Boyd, P. (2014). Learning Teaching' in School. In H. Cooper (Ed.), *Professional studies in primary education* (pp. 267–288). London: Sage.

Bremerich-Vos, A. & Dämmer, J. (2013). Professionelles Wissen im Studienverlauf: Lehramt Deutsch. In S. Blömeke, A. Bremerich-Vos, G. Kaiser, G. Nord, H. Haudeck & Keßler, J.-U. & Schwippert, K. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen im Studienverlauf. Weitere Ergebnisse zur Deutsch-, Englisch- und Mathematiklehrerausbildung aus TEDS-LT* (S. 47–75). Münster: Waxmann.

Brombach, S. (2019). „Mentor*innen qualifizieren" – Reflexion als Grundlage der Rollen- und Aufgabenklärung. *HLZ*, *2*(1), 160–170. https://doi.org/10.4119/UNIBI/HLZ-149

Bromme, R. (1995). Was ist "pedagogical content knowledge"? Kritische Anmerkungen zu einem fruchtbaren Forschungsprogramm. In S. Hopmann & K. Riquarts (Hrsg.), *Didaktik und/oder Curriculum* (Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft 33, S. 105–113). Weinheim: Beltz. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-pedocs-100026

Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich d., Praxisgebiete. Serie I, Pädagogische Psychologie, Bd. 3, S. 177–212). Göttingen: Hogrefe, Verlag für Psychologie.

Bromme, R. (2001). Teacher Expertise. In *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (15459-15465). Amsterdam: Elsevier.

Brovelli, D. (2014). Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung – Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 21–32. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0006-4

Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft: Zeitschrift für Lernforschung*, *41*(4), 306–329.

Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2014). Using Vignette Testing to Measure Student Science Teachers' Professional Competencies. *American Journal of Educational Research*, *2*(7), 555–558. https://doi.org/10.12691/education-2-7-20

Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T. et al. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 521–544. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0166-1

Buchbinder, O. & Kuntze, S. (2018). *Mathematics Teachers Engaging with Representations of Practice. A Dynamically Evolving Field* (ICME-13 Monographs). Cham: Springer. Retrieved from https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5217054

Buchholtz, N. & Kaiser, G. (2013). Professionelles Wissen im Studienverlauf: Lehramt Mathematik. In S. Blömeke, A. Bremerich-Vos, G. Kaiser, G. Nord, H. Haudeck & Keßler, J.-U. & Schwippert, K. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen im Studienverlauf. Weitere Ergebnisse zur Deutsch-, Englisch- und Mathematiklehrerausbildung aus TEDS-LT* (S. 107–143). Münster: Waxmann.

Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (2. aktualisierte und erweiterte Auflage). München: Pearson Studium.

Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. aktualisierte und erweiterte Auflage). München: Pearson Studium.

Burgoon, J. N., Heddle, M. L. & Duran, E. (2011). Re-Examining the Similarities Between Teacher and Student Conceptions About Physical Science. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(2), 101–114. https://doi.org/10.1007/s10972-010-9196-x

Busch, H. & Ralle, B. (2011). Fachbegriffe und ihre Bedeutung. Diagnostik fachsprachlicher Kompetenz. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, *22*(124/125), 52–55.

Busse, A. & Kaiser, G. (2015). Wissen und Fähigkeiten in Fachdidaktik und Pädagogik. Zur Natur der professionellen Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(3), 328–344.

Carey, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, *21*(1), 13–19. https://doi.org/10.1016/S0193-3973(99)00046-5

Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*. Dissertation. Universität, Duisburg-Essen. https://doi.org/10.5281/zenodo.57466

Chan, K.-W. (2011). Preservice teacher education students' epistemological beliefs and conceptions about learning. *Instructional Science*, *39*(1), 87–108. https://doi.org/10.1007/s11251-009-9101-1

Cheung, D. (2009). The Adverse Effects of Le Châtelier's Principle on Teacher Understanding of Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, *86*(4), 514–518. https://doi.org/10.1021/ed086p514

Chin, C. & Teou, L.-Y. (2009). Using Concept Cartoons in Formative Assessment. Scaffolding students' argumentation. *International Journal of Science Education*, *31*(10), 1307–1332. https://doi.org/10.1080/09500690801953179

Chin, C. & Teou, L.-Y. (2010). Formative assessment: using concept cartoons, pupils' drawings and group discussions to tackle children's ideas about biological inheritance. *Journal of Biological Education*, *44*(3), 108-115.

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data. How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, *94*(2), 327–343. https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.327

Christ, O. & Schlüter, E. (2012). *Strukturgleichungsmodelle mit Mplus. Eine praktische Einführung*. München: Oldenbourg. https://doi.org/10.1524/9783486714807

Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, *18*(8), 947–967. https://doi.org/10.1016/S0742-051X(02)00053-7

Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive?* Münster: Waxmann.

Cochran, K. F., DeRuiter, J. A. & King, R. A. (1993). Pedagogical Content Knowing: An Integrative Model for Teacher Preparation. *Journal of Teacher Education*, *44*(4), 263–272. https://doi.org/10.1177/0022487193044004004

Cochran-Smith, M. (2005). Studying Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, *56*(4), 301–306. https://doi.org/10.1177/0022487105280116

Cochran-Smith, M. & Zeichner, K. M. (Eds.). (2011). *Studying teacher education. The report of the AERA Panel on Research and Teacher Education*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.

Cohen, J. (Hrsg.). (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J: Erlbaum.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, *112*(1), 155–159.

Collin, C. & Flint, A. (2016). *"Chemie fürs Leben" am Beispiel von Einweggeschirr, Kohlendioxid und Fleckenwasser. - eine alltags- und schülerorientierte Unterrichtseinheit für den Chemieanfangsunterricht* -, Universität Rostock.

Combe, A. & Gebhard, U. (2007). *Sinn und Erfahrung. Zum Verständnis fachlicher Lernprozesse in der Schule* (Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 20). Opladen: Verlag Barbara Budrich.

Cook, K. F., Dodd, B. G. & Fitzpatrick, S. J. (1999). A comparison of three polytomous item response theory models in the context of testlet scoring. *Journal of Outcome Measurement*, *3*(1), 1–20.

Cornelius-White, J. (2007). Learner-Centered Teacher-Student Relationships Are Effective: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *77*(1), 113–143. https://doi.org/10.3102/003465430298563

Cronbach, L. J. (1988). Five perspectives on the validity argument. In H. Wainer & H. I. Braun (Hrsg.), *Test validity* (S. 3–17). Lawrence Erlbaum Associates.

Dann, H.-D. (2008). Lehrerkognitionen und Handlungsentscheidungen. In M. K. W. Schweer (Hrsg.), *Lehrer-Schüler-Interaktion. Elektronische Daten : Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge* (Schule und Gesellschaft, Band 24, 2. vollständig überarbeitete Auflage, S. 177–207). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91104-5_7

Dannemann, S. (2015). *Schülervorstellungen zur visuellen Wahrnehmung. Entwicklung und Evaluation eines Diagnoseinstruments* (Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 46, 1. Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Darling-Hammond, L. (2006). Assessing Teacher Education. The Usefulness of Multiple Measures for Assessing Program Outcomes. *Journal of Teacher Education*, *57*(2), 120–138. https://doi.org/10.1177/0022487105283796

Davis, H. A. (2003). Conceptualizing the Role and Influence of Student-Teacher Relationships on Children's Social and Cognitive Development. *Educational Psychologist*, *38*(4), 207–234. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3804_2

De Jong, O. (2003). Exploring Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. In D. Psillos (Hrsg.), *Science education research in the knowledge-based society* (Bd. 34, S. 373–381). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0165-5_39

De Jong, O. & Taber, K. (2007). Teaching and learning the many faces of chemistry. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 631–652). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers.

De Jong, O. & Van Driel, J. (2004). Exploring the Development of Student Teachers' PCK of the Multiple Meanings of Chemistry Topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(4), 477–491. https://doi.org/10.1007/s10763-004-4197-x

De Jong, T. & Ferguson-Hessler, M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educa tional Psychologist*, (31), 105–113. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://doc.utwente.nl/26717/1/types. pdf.

Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, *38*(3), 181–199. https://doi.org/10.3102/0013189X08331140

Dolasir, S. (2007). *The effect of Concept Cartoons on the conceptual errors of students in elementary science teaching*. Unpublished PhD thesis. Ankara University, Turkey.

Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 127). Berlin: Logos Verlag.

Döring, N. & Bortz, J. (2016a). Datenerhebung. In N. Döring & J. Bortz (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 321–578). Berlin, Heidelberg: Springer.

Döring, N. & Bortz, J. (Hrsg.). (2016b). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, *5*(1), 61–84. https://doi.org/10.1080/03057267808559857

Driver, R., Scott, P. & Asoko, H. (1992). Teaching for Conceptual Change : A review of strategies. In R. Duit (Hrsg.), *Research in physics learning. Theoretical issues and empirical studies* (IPN, Bd. 131, S. 310–329). Kiel.

Drollinger-Vetter, B. & Lipowsky, F. (2006). Fachdidaktische Qualität der Theoriephasen. In I. Hugener, C. Pauli, K. Reusser & E. Klieme (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". 3. Videoanalysen* (S. 189–205). Frankfurt, Main: GFPF.

Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M. & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *22*(34), 193–206. https://doi.org/10.1024/1010-0652.22.34.193

Duit, R. (1993). Alltagsvorstellungen berücksichtigen. *Praxis der Naturwissenschaften. Physik*, *42*(6), 7–11.

Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht in der Primarstufe. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (S. 233–246). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Duit, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernen von Physik. PIKO-Brief Nr.1. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf

Duit, R. (2009). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 605–629). Berlin: Springer.

Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (2007). *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5 - 10* (2. Auflage). Seelze-Velber: Friedrich Verlag.

Duit, R. & Pfundt, H. (2009). *Bibliography - STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education,* Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/

Dündar, H. & Şentürk, M. L. (2012). Concept cartoons and their using in life studies lesson. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*.

Dunn, T. J., Baguley, T. & Brunsden, V. (2014). From alpha to omega: a practical solution to the pervasive problem of internal consistency estimation. *British Journal of Psychology (London, England : 1953)*, *105*(3), 399–412. https://doi.org/10.1111/bjop.12046

Eckes, T. (2015). Lokale Abhängigkeit von Items im TestDaF-Leseverstehen. *Diagnostica*, *61*(2), 93–106. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000118

Ekici, F., Ekici, E. & Aydin, F. (2007). Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis. *nternational Journal of Environmental and Science Education*, *4*(2), 111–124.

Elschenbroich, D. (2005). *Weltwunder. Kinder als Naturforscher*. München: Kunstmann.

Enders, C. K. (2001). A Primer on Maximum Likelihood Algorithms Available for Use With Missing Data. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 8(1), 128-141. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0801_7

Ergönenç, J., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2014). The impact of pedagogical content knowledge on cognitive activation and student learning. In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of instruction in physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (S. 137–151). Münster: Waxmann.

Ericsson, K. A. (2006). The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffmann (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 685–705). Cambridge: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, *87*(3), 215-251.

Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis. Verbal reports as data* (A Bradford book, Rev. ed., 3. print). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Fanta, D., Bröll, L. & Oetken, M. (2012). Schülervorstellungen im Chemieunterricht - Untersuchung der Wirkung einer direkten Konfrontation mit Schülervorstellungen auf den Lernprozess - Teilprojekt 5. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, A. Schulz & P. Altenburger (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 232–246). Münster: Waxmann.

Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E. & Büttner, G. (2014). Grundschulunterricht aus Schüler-, Lehrer- und Beobachterperspektive. Zusammenhänge und Vorhersage von Lernerfolg. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *28*(3), 127–137.

Fauth, B. & Leuders, T. (2018). Kognitive Aktivierung im Unterricht. *Wirksamer Unterricht*, (Band 2). Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter https://www.ls-bw.de/,Lde_DE/Startseite/Service/Neuerscheinung_+_Kognitive+Aktivierung+im+Unterricht_

Feige, E.-M. & Lembens, A. (eingereicht). Einsatzmöglichkeiten von Concept Cartoons im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*.

Feige, E.-M., Rutsch, J., Dörfler, T. & Rehm, M. (2017). Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept. Schülervorstellungen diagnostizieren und weiterentwickeln. *Unterricht Chemie*, *28*(159), 2–8.

Fend, H. (2008). *Schule gestalten. Systemsteuerung, Schulentwicklung und Unterrichtsqualität*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90867-0

Fendt, T. (2019). *Schülervorstellungen im Zentrum des Unterrichtsgespräches - Ko-konstruktive Lernprozesse im Chemieunterricht*. https://doi.org/10.20378/IRBO-54130

Fenske, F., Klee, A. & Lutter, A. (2011). Concept-Cartoons as a Tool to Evoke and Analyze Pupils Judgments in Social Science Education. *Journal of social science education*, *10*(3), 46–52.

Fenstermacher, G. d. (1994). Chapter 1: The Knower and the Known: The Nature of Knowledge in Research on Teaching. *Review of Research in Education*, *20*(1), 3–56. https://doi.org/10.3102/0091732X020001003

Fernández-Balboa, J.-M. & Stiehl, J. (1995). The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. *Teaching and Teacher Education*, *11*(3), 293–306.

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock 'n' roll* (MobileStudy, 4th edition). Los Angeles: Sage.

Finch, J. (1987). The Vignette Technique in Survey Research. *Sociology*, *21*(1), 105–114. https://doi.org/10.1177/0038038587021001008

Fischer, H. E., Borowski, A., Tepner, O., Fraser, B. J., Tobin, K. G. & McRobbie, C. J. (2012). Professional knowledge of science teachers. In *Second International Handbook of Science Education* (S. 435–448). New York: Springer. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_30

Forster-Heinzer, S. & Oser, F. (2015). Wer setzt das Maß? Eine kritische Auseinandersetzung mit dem Advokatorischen Ansatz. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(3), 361–376.

Förtsch, C., Werner, S., Kotzebue, L. von & Neuhaus, B. J. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. *International Journal of Science Education*, *38*(17), 2642–2666. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1257170

Franz, E.-K., Wacker, A. & Heyl, V. (2018). Entwicklung von Testitems zur Erfassung Pädagogisch-psychologischer Handlungskompetenz. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 47–73). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Frenzel, A. C., Goetz, T., Lüdtke, O., Pekrun, R. & Sutton, R. E. (2009). Emotional transmission in the classroom: Exploring the relationship between teacher and student enjoyment. *Journal of Educational Psychology*, *101*(3), 705–716. https://doi.org/10.1037/a0014695

Frey, A. & Jäger, R. S. (2008). Vom Wissen zum Können: Der lange Weg zur Professionalisierung von Lehrkräften – Ein kritischer Diskurs. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *1*(2), 719-737.

Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M. & Volkmann, M. J. (2008). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(4), 357–383. https://doi.org/10.1002/tea.20283

Friesen, M. E. (2017). *Teachers' Competence of Analysing the Use of Multiple Representations in Mathematics Classroom Situations and its Assessment in a Vignette-based Test*. Dissertation. Pädagogische Hochschule, Ludwigsburg. Zugriff am 16.04.2020. Verfügbar unter https://phbl opus.phlb.de/ frontdoor/index/index/docId/545

Friesen, M. E., Benz, J., Billion-Kramer, T., Heuer, C., Lohse-Bossenz, H., Resch, M. et al. (Hrsg.). (2020). *Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung. Fachdidaktische und pädagogische Perspektiven*. Weinheim: Beltz Juventa in der Verlagsgruppe Beltz.

Friesen, M. E. & Feige, E.-M. (2020). Konstruktion und Einsatz von Vignetten und Concept Cartoons in der Lehrerbildung. In M. E. Friesen, J. Benz, T. Billion-Kramer, C. Heuer, H. Lohse-Bossenz, M. Resch et al. (Hrsg.), *Vignettenbasiertes Lernen in der*

Lehrerbildung. Fachdidaktische und pädagogische Perspektiven (S. 18–52). Weinheim: Beltz Juventa in der Verlagsgruppe Beltz.

Friesen, M. E., Kuntze, S. & Vogel, M. (2018). Videos, Texte oder Comics? Die Rolle des Vignettenformats bei der Erhebung fachdidaktischer Analysekompetenz zum Umgang mit Darstellungen im Mathematikunterricht. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 153–177). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Fromm, S. (2012). *Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene 2: Multivariate Verfahren für Querschnittsdaten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18794-5

Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research. A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, *76*(4), 548–554. https://doi.org/10.1021/ed076p548

Gabriel, K. (2014). *Videobasierte Erfassung von Unterrichtsqualität im Anfangsunterricht der Grundschule. Klassenführung und Unterrichtsklima in Deutsch und Mathematik*. Dissertation. Kassel: Univ. Press.

Gartmeier, M. (2009). *Fehlerfreundlichkeit im Arbeitskontext: Positive Einstellungen gegenüber Fehlern und negatives Wissen als Ressourcen professionellen Handelns*. Dissertation. Universität, Regensburg.

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch.* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Gehrmann, F. (2019). *Lehrerenthusiasmus als zweidimensionales Konstrukt und sein Zusammenhang mit differierenden Charakteristika der Schüler. Freude, Interesse und Motivation*. Zulassungsarbeit. Universität, Regensburg.

Geiser, C. (2011). *Datenanalyse mit Mplus*: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D. & Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 1–20. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158

Gignac, G. E. & Szodorai, E. T. (2016). Effect size guidelines for individual differences researchers. *Personality and Individual Differences*, *102*, 74–78. https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.06.069

Gilbert, J. K., Justi, R., Van Driel, J., De Jong, O. & Treagust, D. F. (2004). Securing a future for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, *5*(1), 5–14. https://doi.org/10.1039/B3RP90027D

Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions. Implications for Practice and Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, *19*(5), 437–454. https://doi.org/10.1007/s10972-008-9102-y

Goreth, S. (2017). Erfassung und Modellierung professioneller Unterrichtswahrnehmung angehender Lehrpersonen im technikbezogenen Unterricht. In T. Gschwendtner & B. Geißel (Hrsg.), *Ludwigsburger Beiträge zur Technikdidaktik.* Berlin: Logos.

Graham, J. W. (2009). Missing data analysis: making it work in the real world. *Annual Review of Psychology*, *60*, 549–576. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085530

Gramzow, Y. (2015). *Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion*. Dissertation. Universität, Paderborn.

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013a). Innere Struktur und Operationalisierung fachdidaktischen Wissens. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Bd. 33; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Bd. 2012, S. 527–529). Kiel: IPN-Verlag.

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013b). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*, 7–30.

Großebrahn, N. S. (2013). *Elemente fachdidaktischen Wissens in der universitären Ausbildung angehender Chemielehrkräfte. Ein Beitrag zur Standardentwicklung*. Dissertation. Universität, Duisburg-Essen.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher. Teacher knowledge and teacher education* (Professional development and practice series). New York: Teachers College Press.

Grossman, P. L. (2011). Framework for teaching practice: A brief history of an idea. *Teachers College Record*, *113*(12), 2836–2843.

Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T. & Glowinski, I. (2015). Preservice Biology Teachers' Professional Knowledge: Structure and Learning Opportunities. *Journal of Science Teacher Education*, *26*(3), 291–318. https://doi.org/10.1007/s10972-015-9423-6

Großschedl, J., Neubrand, C., Kirchner, A., Oppermann, L., Basel, N. & Gantner, S. (2015). Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des evolutionsbezogenen Professionswissens von Lehramtsstudierenden (ProWiE). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *21*(1), 173–185. https://doi.org/10.1007/s40573-015-0036-6

Grow, J., Günther, F. & Weber, B. (2019). Videovignetten als Reflexionstool. In S. Kauffeld & J. Othmer (Hrsg.), *Handbuch Innovative Lehre* (1. Auflage 2019, Bd. 2, S. 427–439). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22797-5_32

Gruber, H. & Stamouli, E. (2015). Intelligenz und Vorwissen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (2. Auflage, S. 25–44). Berlin, Heidelberg: Springer.

Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen. Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 12). Dissertation. Münster: Waxmann.

Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V. & Gamas, W. S. (1993). Promoting Conceptual Change in Science. A Comparative Meta-Analysis of Instructional Interventions from Reading Education and Science Education. *Reading Research Quarterly*, *28*(2), 116. https://doi.org/10.2307/747886

Halar, A. M. & Laukenmann, M. (2016). Kulturelle Ausprägungen von vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Energie. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Bd. 37, S. 580–583). Regensburg: Universität Regensburg.

Halim, L. & Meerah, S. M. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, *20*(2), 215–225. https://doi.org/10.1080/0263514022000030462

Hank, B. (2013). *Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. Eine quasiexperimentelle Längsschnittstudie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 155). Dissertation. Berlin: Logos.

Hardy, I. & Meschede, N. (2018). Schülervorstellungen – lern- und entwicklungspsychologische Grundlagen. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard & E. Engeli (Hrsg.), *„Wie ich mir das denke und vorstelle…“. Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft* (S. 21–34). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.

Harms, U. & Riese, J. (2018). Professionelle Kompetenz und Professionswissen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–298). Berlin, Heidelberg: Springer.

Harteis, C., Bauer, J. & Heid, H. (2006). Der Umgang mit Fehlern als Merkmal betrieblicher Fehlerkultur und Voraussetzung für Professional Learning. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, *28*(1), 111–129.

Hartig, J. & Frey, A. (2013). Sind Modelle der Item-Response-Theorie (IRT) das „Mittel der Wahl“ für die Modellierung von Kompetenzen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *16*(1), 47–51. https://doi.org/10.1007/s11618-013-0386-0

Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (Springer-Lehrbuch, 2. aktualisierte und überarbeitete Auflage, S. 135–163). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Hartig, J. & Höhler, J. (2010). Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen. Projekt MIRT. In E. Klieme, D. Leutner & M. Henk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes* (Zeitschrift für Pädagogik, Bd. 56, Beiheft, S. 189-198). Weinheim: Beltz.

Hartinger, A. & Hawelka, B. (2005). Öffnung und Strukturierung von Unterricht. Widerspruch oder Ergänzung? *Die deutsche Schule*, *97*(3), 329–341. Zugriff am 16.04.2020.

Hartinger, A. & Murmann, L. (2018). Schülervorstellungen erschließen - Methoden, Analyse, Diagnose. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard & E. Engeli (Hrsg.), *„Wie ich mir das denke und vorstelle…". Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft* (S. 51–62). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.

Hartmann, C. (2018). Zur Bedeutsamkeit formaler Lerngelegenheiten für das fachdidaktische Wissen im Bereich der historischen Perspektive des Sachunterrichts. *Zeitschrift für Grundschulforschung, 11*(2), 269–284. https://doi.org/10.1007/s42278-018-0016-2

Hascher, T. (2006). Veränderungen im Praktikum - Veränderungen durch das Praktikum. In C. Allemann-Ghionda (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Ausbildung und Beruf* (Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft, Bd. 51, S. 130–148). Weinheim: Beltz.

Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching, 11*(3), 273–292. https://doi.org/10.1080/13450600500105502

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2013). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren* (Standards Psychologie, 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.

Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted). London: Routledge.

Häusler, K., Pfeifer, P. & Schmidkunz, H. (1996). *Elemente der Zukunft: Chemie*. München: Oldenbourg Verlag GmbH.

Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis.* Kiel: IPN.

Heinzer, S. & Oser, F. (2013). Das Advokatorische Messverfahren: Die Stellvertretende Art Kompetenzen zu messen. In F. Oser, T. Bauder, P. Salzmann & S. Heinzer (Hrsg.), *Ohne Kompetenz keine Qualität. Entwickeln und Einschätzen von Kompetenzprofilen bei Lehrpersonen und Berufsbildungsverantwortlichen* (S. 139–168). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Helbig, P. (2005). Schüler mit Lernschwierigkeiten. In W. Einsiedler, M. Götz, H. Hacker, J. Kahlert, R. W. Keck & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (2. überarbeitete Auflage, S. 187–196). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Helm, C. (2016). Zentrale Qualitätsdimensionen von Unterricht und ihre Effekte auf Schüleroutcomes im Fach Rechnungswesen. *Zeitschrift für Bildungsforschung, 6*(2), 101–119. https://doi.org/10.1007/s35834-016-0154-3

Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (4. Auflage). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (5. Auflage). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts.* (7. überarbeitete Auflage). Seelze: Klett-Kallmeyer.

Heran-Dörr, E. (2011). *Von Schülervorstellungen zu anschlussfähigem Wissen im Sachunterricht* (Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen). Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel. Zugriff am 16.04.2020. Verfügbar unter http://www.ssg-bildung.ub.uni-erlangen.de/Von_Schuelervorstellungen_zu_anschlussfaehigem.pdf; http://vg04.met.vgwort.de/na/d9f66b70c4f6406db6768fd0dc940696?l=http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Heran-Doerr.pdf

Hewson, P. W. & Hewson, M. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science, 13*(1), 1–13.

Heymann, H. W. (2015). *Warum sollte Unterricht »kognitiv aktivieren«? Anregung von vertiefendem, verstehendem, vernetzendem Lernen*. Zugriff am 09.07.2019. Verfügbar unter http://www.redaktion-paedagogik.de/2015/05/kognitiv-aktivieren/

Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A., Looß, M. & Höner, K. (2016). Relevanz und Qualitä t der universitä ren Lehrerausbildung hinsichtlich der Anforderungen im Referendariat in den naturwissenschaftlichen Fä chern aus Sicht der Referendare. - Ergebnisse einer niedersachsenweiten Befragung -. In K. Höner, M. Looß & R. Müller (Hrsg.), *Naturwissenschaften vermitteln: von der frühen Kindheit bis zum Lehrerberuf* (Naturwissenschaften vermitteln, 1. Auflage, S. 201–230).

Hill, H. C., Ball, D. & Schilling, S. (2008). Unpacking Pedagogical Content Knowledge: Conceptualizing and Measuring Teachers' Topic-Specific Knowledge of Students. *Journal for Research in Mathematics Education, 39*(4), 372–400.

Hill, H. C., Rowan, B. & Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal, 42*, 371–406.

Hofmann, J. (2015). *Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Homburg, C. & Baumgartner, H. (1995). Beurteilung von Kausalmodellen. Bestandsaufnahme und Anwendungsempfehlungen. *Marketing : ZFP, 17*(3), 162–176.

Homburg, C. & Giering, A. (1996). Konzeptualisierung und Operationalisierung komplexer Konstrukte. Ein Leitfaden für die Marketingforschung. *Marketing : ZFP, 18*(1), 3–24.

Horton, C. (2001). *Student Preconceptions and Misconceptions in Chemistry. Integrated Physics and Chemistry Modeling Workshop*. Arizona State University.

Hoy, A. W., Davis, H. & Pape, S. J. (2006). Teacher knowledge and beliefs. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed., pp. 715–737). Mahwah New York: Lawrence Erlbaum.

IBM Corporation. (2013). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0 [Computer software]*: Armonk, NY: IBM Corp.

Ilyas, A. & Saeed, M. (2018). Exploring Teachers' Understanding about Misconceptions of Secondary Grade Chemistry Students. *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, *9*(1), 3323–3328. https://doi.org/10.20533/ijcdse.2042.6364.2018.0444

Jahn, G. K. (2014). *Studien zur Überprüfung der Validität eines Instruments zur Erfassung professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden*. Dissertation. Technischen Universität München.

Jansing, B., Hausdeck, H., Keßler, J., Nold, G. & Stancel-Piatak, A. (2013). Professionelles Wissen im Studienverlauf: Lehramt Englisch. In S. Blömeke, A. Bremerich-Vos, G. Kaiser, G. Nord, H. Haudeck & Keßler, J.-U. & Schwippert, K. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen im Studienverlauf. Weitere Ergebnisse zur Deutsch-, Englisch- und Mathematiklehrerausbildung aus TEDS-LT* (S. 77–106). Münster: Waxmann.

Johannsmeyer, F. (2004). *Stationen auf dem Weg ins Diskontinuum im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Dissertation. Universität, Oldenburg.

Jung, W. (1981). Assoziationstests und verwandte Verfahren. In R. Duit, W. Jung & H. Pfundt (Hrsg.), *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht* (Didaktik der Naturwissenschaften, Bd. 6, S. 196–222). Köln: Aulis Verl. Deubner.

Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, Chemie*, *34*(13), 2–6.

Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker? In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften* (S. 86–108). Kiel: IPN — Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschafte.

Jüttner, M. (2013). *Entwicklung, Evaluation und Validierung eines Fachwissenstests und eines fachdidaktischen Wissenstests für die Erfassung des Professionswissens von Biologielehrkräften*. Dissertation. Ludwigs-Maximilians-Universität, München.

Jüttner, M. & Neuhaus, B. J. (2013). Validation of a Paper-and-Pencil Test Instrument Measuring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge by Using Think-Aloud Interviews. *Journal of Education and Training Studies*, *1*(2). https://doi.org/10.11114/jets.v1i2.126

Kabapinar, F. (2005). Effectiveness of teaching via concept cartoons from the point of view of constructivist approach. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *5*(1), 135–146.

Kaiser, J., Möller, J., Helm, F. & Kunter, M. (2015). Das Schülerinventar. Welche Schülermerkmale die Leistungsurteile von Lehrkräften beeinflussen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *18*(2), 279–302. https://doi.org/10.1007/s11618-015-0619-5

Kaiser, T. (2013). *Zum Umgang mit Schülervorstellungen im Physikunterricht am Beispiel eines Fragebogens für die Optik*. Schriftliche Hausarbeit zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.

Kane, M. T. (2013). Validation as a Pragmatic, Scientific Activity. *Journal of Educational Measurement*, *50*(1), 115–122.

Kanert, G. & Resch, M. (2014). Erfassung geschichtsdidaktischer Wissensstrukturen von Geschichtslehrkräften anhand eines vignettengestützten Testverfahrens. *Zeitschrift für Geschichtsdidaktik*, *13*(1), 15–31. https://doi.org/10.13109/zfgd.2014.13.1.15

Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (Springer-Lehrbuch, S. 93–104). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Kattmann, U. (Hrsg.). (2017). *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (1. Auflage). Seelze: Klett/Kallmeyer.

Kaub, K., Karbach, J., Biermann, A., Friedrich, A., Bedersdorfer, H.-W., Spinath, F. M. et al. (2012). Berufliche Interessensorientierungen und kognitive Leistungsprofile von Lehramtsstudierenden mit unterschiedlichen Fachkombinationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *26*(4), 233–249. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000074

Kelava, A. & Moosbrugger, H. (2012). Deskriptivstatistische Evaluation von Items (Itemanalyse) und Testwertverteilungen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (Springer-Lehrbuch, 2. aktualisierte und überarbeitete Auflage, S. 75–102). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Keller, E. (2016). *Professionelle Kompetenz angehender Deutsch-Lehrkräfte: Entwicklung und Validierung eines Testverfahrens zur Erfassung fachdidaktischen Wissens im Kompetenzbereich Schreiben*. Dissertation. Pädagogische Hochschule, Heidelberg.

Keller, E., Schmitt, M. & Glaser, K. (2018). Lehrerprofessionalisierung im Bereich der Schreibdidaktik – Konzeption eines vignettenbasierten Testverfahrens. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 92–114). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Keller, M., Goetz, T., Becker, E. S., Morger, V. & Hensley, L. (2014). Feeling and showing: A new conceptualization of dispositional teacher enthusiasm and its relation to students' interest. *Learning and Instruction*, *33*, 29–38. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.03.001

Kennedy, M. M., Ahn, S. & Choi, J. (2008). The value added by teacher education. In D. J. McIntyre, K. E. Demers, M. Cochran-Smith & S. Feiman-Nemser (Eds.), *Handbook of research on teacher education. Enduring questions and changing contexts* (3rd ed., pp. 1249–1273). New York: Routledge.

Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science. An evaluation. *International Journal of Science Education*, *21*(4), 431–446. https://doi.org/10.1080/095006999290642

Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 161). Dissertation. Berlin: Logos.

Kirschner, S., Sczudlek, M., Tepner, O., Borowski, A., Fischer, H. E., Lenske, G. et al. (2017). Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN). In C. Gräsel & K. Trempler (Hrsg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals. Interdisziplinäre Betrachtungen, Befunde und Perspektiven* (S. 113–130). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2_7

Kleickmann, T. (2012). *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht* (Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen). Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel. Zugriff am 16.04.2020. Verfügbar unter http://vg04.met.vgwort.de/na/cb83974f514d4a829ac131ba169808c3?l=http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf

Kleickmann, T. & Anders, Y. (2011). Lernen an der Universität. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 305–315). Münster: Waxmann.

Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S. et al. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Teacher Education*, *64*(1), 90–106. https://doi.org/10.1177/0022487112460398

Kleickmann, T., Steffensky, M. & Wendt, H. (2017). Gibt es einen Zusammenhang zwischen fachdidaktischem Wissen von Lehrkräften über Schülervorstellungen und dem naturwissenschaftlichen Wissen von Grundschulkindern? In J. Retelsdorf, F. Zimmermann, A. Südkamp & O. Köller (Hrsg.), *Im Blickpunkt pädagogisch-psychologischer Forschung. Selbstbezogene Kognitionen, sprachliche Kompetenzen und Professionalisierung von Lehrkräften : Festschrift für Jens Möller* (S. 289–304). Münster: Waxmann.

Kleickmann, T., Tröbst, S., Heinze, A., Bernholt, A., Rink, R. & Kunter, M. (2017). Teacher Knowledge Experiment: Conditions of the Development of Pedagogical Content Knowledge. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Competence Assessment in Education* (Methodology of Educational Measurement and Assessment, Bd. 59, S. 111–129). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50030-0_8

Kleinke, K., Schlüter, E. & Christ, O. (2017). *Strukturgleichungsmodelle mit Mplus. Eine praktische Einführung* (2. aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin: de Gruyter Oldenbourg.

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M. et al. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. DIPF, Frankfurt am Main.

Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. (2009). The Pythagoras Study. Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janik & T. Seidel (Eds.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (pp. 137–160). Münster: Waxmann.

Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, *54*(2), 222–237.

Kline, R. B. (Ed.). (2015). *Principles and practice of structural equation modeling* (Fourth edition). New York: Guilford.

Klusmann, U. (2011a). Allgemeine berufliche Motivation und Selbstregulation. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 277–294). Münster: Waxmann.

Klusmann, U. (2011b). Individuelle Voraussetzungen von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (297-304). Münster: Waxmann.

Klusmann, U., Kunter, M., Trautwein, U., Lüdtke, O. & Baumert, J. (2008). Teachers' occupational well-being and quality of instruction: The important role of self-regulatory patterns. *Journal of Educational Psychology*, *100*(3), 702–715. https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.702

Klusmann, U., Kunter, M., Voss, T. & Baumert, J. (2012). Berufliche Beanspruchung angehender Lehrkräfte: Die Effekte von Persönlichkeit, pädagogischer Vorerfahrung und professioneller Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *26*(4), 275–290. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000078

KMK. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.* Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf

KMK. (2008; 2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019).* Zugriff am 10.03.2020. Verfügbar unter file:///C:/Users/feige/Desktop/KMK%20(2017).pdf

Knipping, C., Tolsdorf, Y. & Markic, S. (2017). Heterogene Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen fokussieren – Beiträge zur praxisnahen Lehramtsausbildung in der Chemie- und Mathematikdidaktik. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink & J. Michaelis (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 191–212). Münster: Waxmann.

Koc, I. & Yager, R. E. (2016). Preservice teachers' alternative conceptions in elementary science concepts. *Cypriot Journal of Educational Science*, *11*(3), 144–159.

Kolbe, F.-U. (2004). Verhältnis von Wissen und Handeln. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki & J. Wildt (Hrsg.), *Handbuch Lehrerbildung* (206–232). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

König, J. (2010). Lehrerprofessionalität. Konzepte und Ergebnisse der internationalen und deutschen Forschung am Beispiel fachübergreifender, pädagogischer Kompetenzen. In J. König & B. Hofmann (Hrsg.), *Professionalität von Lehrkräften. Was sollen Lehrkräfte im Lese- und Schreibunterricht wissen und können?* (DGLS-Beiträge, Bd. 11, S. 40–105). Berlin: Deutsche Ges. für Lesen und Schreiben.

König, J. (2015). Kontextualisierte Erfassung von Lehrerkompetenzen. Einführung in den Thementeil. *Zeitschrift Für Pädagogik, 61.2015,3*.

König, J. & Blömeke, S. (2009). Pädagogisches Wissen von angehenden Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *12*(3), 499–527. https://doi.org/10.1007/s11618-009-0085-z

König, J., Doll, J., Buchholtz, N., Förster, S., Kaspar, K., Rühl, A.-M. et al. (2017). Pädagogisches Wissen versus fachdidaktisches Wissen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *21*(3), 1–38. https://doi.org/10.1007/s11618-017-0765-z

König, J. & Seifert, A. (Hrsg.). (2012). *Lehramtsstudierende erwerben pädagogisches Professionswissen. Ergebnisse der Längsschnittstudie LEK zur Wirksamkeit der erziehungswissenschaftlichen Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann.

König, J., Tachtsoglou, S. & Seifert, A. (2012). Individuelle Voraussetzungen, Lerngelegenheiten und der Erwerb von pädagogischem Professionswissen. In J. König & A. Seifert (Hrsg.), *Lehramtsstudierende erwerben pädagogisches Professionswissen. Ergebnisse der Längsschnittstudie LEK zur Wirksamkeit der erziehungswissenschaftlichen Lehrerausbildung* (S. 234–283). Münster: Waxmann.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 200, S. 113–133). Berlin: Logos Verlag.

Krahn, S. (2005). *Untersuchungen zum intuitiven naturwissenschaftlichen Wissen von Kindern im Alter zwischen zwei und sieben Jahren.* Dissertation. Universität, Bielefeld.

Krammer, K. (2014). Fallbasiertes Lernen mit Unterrichtsvideos in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *32*(2), 164–175.

Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science. Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, *33*(1), 27–50. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645

Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 38–49). Göttingen: Hogrefe.

Krauss, S., Blum, W., Neubrand, M., Baumert, J., Kunter, M., Besser, M. et al. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 135–161). Münster: Waxmann.

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, *100*(3), 716–725. https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716

Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule : Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 31–53). Münster: Waxmann.

Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A. & Hofmann, B. (Hrsg.). (2017). *Falko: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik*: Waxmann Verlag GmbH.

Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A. & Tepner, O. (2017). Das Forschungsprojekt FALKO – ein einleitender Überblick. In S. Krauss, A. Lindl, A. Schilcher, M. Fricke, A. Göhring & B. Hofmann (Hrsg.), *Falko: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik* (S. 9–61). Waxmann Verlag GmbH.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. et al. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *29*(3), 233–258. https://doi.org/10.1007/BF03339063

Kröger, J. (2019). *Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung in Hannover 2012* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 33, S. 533–535). Kiel: IPN.

Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (Springer-Lehrbuch, S. 81–92). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_8

Kühberger, C. (2017). Concept Cartoons für den Geschichts- und Politikunterricht. Ein subjektorientierter Zugang zur Diagnostik und Methodik. *Informationen*, *41*, 23–29.

Kulgemeyer, C. (2013). Professionswissen von Lehramtsstudierenden der Physik und der Chemie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung in Hannover 2012* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 33, 521-523). Kiel: IPN.

Kunina-Habenicht, O., Schulze-Stocker, F., Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Förster, D. et al. (2013). Die Bedeutung der Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium und deren individuelle Nutzung für den Aufbau des bildungswissenschaftlichen Wissens. *Zeitschrift für Pädagogik*, *59*(1), 1–23.

Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.

Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz - Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 259–273). Münster: Waxmann.

Kunter, M., Anders, Y., Hachfeld, A., Klusmann, U., Löwen, K., Richter, D. et al. (2010). *COACTIV-R: Eine Studie zum Erwerb professioneller Kompetenz von Lehramtsanwärtern während des Vorbereitungsdienstes – Dokumentation der Erhebungsinstrumente für den ersten und zweiten Messzeitpunkt*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Kunter, M. & Baumert, J. (2011). Das COACTIV-Forschungsprogramm zur Untersuchung professioneller Kompetenz von Lehrkräften - Zusammenfassung und Diskussion. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (345-366). Münster: Waxmann.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.). (2013). *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers. Results from the COACTIV Project* (Mathematics Teacher Education, Bd. 8). Boston: Springer.

Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Terhart, E., Seidel, T., Dicke, T. et al. (2016). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Projektphasen des BilWiss-Forschungsgramms von 2009 bis 2016: Bildungswissenschaftliches Wissen und der Erwerb professioneller Kompetenz in der Lehramtsausbildung (BilWiss). Die Bedeutung des bildungswissenschaftlichen Hochschulwissens für den Berufseinstieg von Lehrkräften (BilWiss-Beruf)*. Skalenhandbuch.

Kunter, M. & Ewald, S. (2016). Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In N. McElvany, W. Bos, H.-G. Holtappels, M. M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.), *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts* (Dortmunder Symposium der Empirischen Bildungsforschung, Band 1, 1. Auflage, S. 9–31). Münster: Waxmann.

Kunter, M., Frenzel, A., Nagy, G., Baumert, J. & Pekrun, R. (2011). Teacher enthusiasm. Dimensionality and context specificity. *Contemporary Educational Psychology*, *36*(4), 289–301. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.07.001

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 55–68). Münster: Waxmann.

Kunter, M. & Klusmann, U. (2010). Kompetenzmessung bei Lehrkräften - Methodische Herausforderungen. *Unterrichtswissenschaft*, *38*(1), 68–86.

Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers. Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, *105*(3), 805–820. https://doi.org/10.1037/a0032583

Kunter, M. & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (2. Auflage, S. 261–281). Berlin, Heidelberg: Springer.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts* (StandardWissen Lehramt, Bd. 3895). Paderborn: Schöningh.

Kunter, M., Tsai, Y.-M., Klusmann, U., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2008). Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. *Learning and Instruction*, *18*(5), 468–482. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.06.008

Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV. Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.

Kunter, M. & Voss, T. (2013). The Model of Instructional Quality in COACTIV: A Multicriteria Analysis. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers. Results from the COACTIV Project* (Mathematics Teacher Education, Bd. 8, S. 97–124). Boston: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_6

Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort. Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 11–36. https://doi.org/10.1007/s11618-012-0257-0

Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch* (4. Auflage). Weinheim: Beltz.

Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg. (2018). *Reflexionskompetenz fördern. Reflexion und Reflexionskompetenz in der Lehrerbildung*. Handreichung. Zugriff am 18.04.2020. Verfügbar unter https://li.hamburg.de/contentblob/11197900/1bf80fc602cf381341fab255703d8d87/data/handreichung-reflexionskompetenz.pdf

Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern*. Dissertation. Universität, Münster.

Lange, K., Kleickmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2012). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 55–75. https://doi.org/10.1007/s11618-012-0258-z

Larkin, D. (2012). Misconceptions about “misconceptions”. Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, *96*(5), 927–959. https://doi.org/10.1002/sce.21022

Lazarides, R., Gaspard, H. & Dicke, A.-L. (2019). Dynamics of classroom motivation: Teacher enthusiasm and the development of math interest and teacher support. *Learning and Instruction*, *60*, 126–137. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.012

Lee, E., Brown, M. N., Luft, J. A. & Roehrig, G. H. (2007). Assessing Beginning Secondary Science Teachers' PCK: Pilot Year Results. *School Science and Mathematics*, *107*(2), 52–60. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2007.tb17768.x

Lee, E. & Luft, J. A. (2008). Experienced Secondary Science Teachers? Representation of Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, *30*(10), 1343–1363. https://doi.org/10.1080/09500690802187058

Leerhoff, G., Kienast, S., Möllering, J. & Eilks, I. (2003). Der Stoffbegriff und die Stoffeigenschaften - Zentrale Problemfelder bei der Vermittlung der chemischen Reaktion im frühen Chemieunterricht (Teil 1). *Der Mathematische und Naturwissenschatliche Unterricht*, *56*(5), 301–304.

Lembens, A. (2012). Chemielernen und Gender - Zugänge für ALLE ermöglichen. In H. Amon, I. Bartosch, A. Lembens & I. Wenzl (Hrsg.), *Gender_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer* (S. 39–54). Klagenfurt: Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung.

Lenske, G., Wagner, W., Wirth, J., Thillmann, H., Cauet, E., Liepertz, S. et al. (2016). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens für die Qualität der Klassenführung und den Lernzuwachs der Schüler/innen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *19*(1), 211–233.

Lindl, A. & Krauss, S. (2017). Transdisziplinäre Perspektiven auf domänenspezifi sche Lehrerkompetenzen Eine Metaanalyse zentraler Resultate des Forschungsprojektes FALKO. In S. Krauss, A. Lindl, A. Schilcher, M. Fricke, A. Göhring & B. Hofmann (Hrsg.), *Falko: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik.* Waxmann Verlag GmbH.

Lindmeier, A. (2011). *Modeling and measuring knowledge and competencies of teachers. A threefold domain-specific structure model for mathematics* (Empirische Studien zur Didaktik der Mathematik). Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2010. Münster: Waxmann.

Lindmeier, A. (2013). Video-vignettenbasierte standardisierte Erhebung von Lehrerkognitionen. In U. Riegel & K. Macha (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken* (Fachdidaktische Forschungen, Bd. 4, S. 45–61). Münster: Waxmann.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E. & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, *19*(6), 527–537. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001

Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., Friesen, M. E., Heuer, C., Rehm, M., Rutsch, J. et al. (Hrsg.). (in Vorbereitung). *Professionalisierung in der Lehrerbildung – Theoretische und empirische Erkenntnisse und Perspektiven des Forschungsprogramms „Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung“*. Münster: Waxmann.

Lohse-Bossenz, H., Schönknecht, L., Rehm, M., Dörfler, T., Seidenfuss, M. & Vogel, M. (in Vorbereitung). *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung"*. Dokumentation zur Längsschnitterhebung aus dem EKoL-Forschungsprogramm zur Professionalisierung im Vorbereitungsdienst in verschiedenen Fachdidaktiken.

Looney, S. W. (1995). How to use tests for univariate normality to assess multivariate normality. *The American Statistician*, *49*(1), 64–70.

Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge* (Professional learning). Rotterdam: Sense Publishers.

Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge* (Professional learning, Vol. 12, 2nd Edition). Rotterdam: Sense Publishers.

Lucero, M. M., Petrosino, A. J. & Delgado, C. (2017). Exploring the relationship between secondary science teachers' subject matter knowledge and knowledge of student conceptions while teaching evolution by natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*(2), 219–246. https://doi.org/10.1002/tea.21344

Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. *Psychologische Rundschau*, *58*(2), 103–117. https://doi.org/10.1026/0033-3042.58.2.103

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (Science & Technology Education Library, Bd. 6, S. 95–132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Mahler, D., Großschedl, J. & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education*, *39*(2), 213–237. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1276641

Mahler, D., Großschedl, J. & Harms, U. (2018). Does motivation matter? - The relationship between teachers' self-efficacy and enthusiasm and students' performance. *PloS One*, *13*(11), e0207252. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207252

Maier, U., Kleinknecht, M. & Metz, K. (2010). Ein fächerübergreifendes Kategoriesystem zur Analyse und Konstruktion von Aufgaben. In H. Kiper, W. Meints-Stender, S. Peters, S. Schlump & S. Schmit (Hrsg.), *Lernaufgaben und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht* (Schulpädagogik, S. 28–43). Stuttgart: Kohlhammer.

Malcolm, S. A. & Mavhunga, E. (2015). The Development and Validation of an Instrument Measuring Topic Specific PCK in Stoichiometry.

Marks, R. (1990). Pedagogical Content Knowledge: From a Mathematical Case to a Modified Conception. *Journal of Teacher Education*, *41*(3), 3–11. https://doi.org/10.1177/002248719004100302

Marohn, A. (2008). "Choice2learn" - eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *14*, 57-83.

Marohn, A. & Egbers, M. (2011). Vorstellungen verändern. Lernmaterialien zum Thema Verdampfen im Rahmen der Unterrichtskonzeption choice2learn. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, *60*(3), 5–9.

Mattern, J. (2014). *Hilft Selbstregulation bei der Unterrichtsvorbereitung? Studien zur Relevanz und Förderung von Selbstregulation in der Lehrerbildung*. Dissertation. Technische Universität, München.

McComas, W. F. (2014). *The Language of Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0

McDonald, R. P. (1981). The dimensionality of tests and items. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *34*(1), 100–117. https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1981.tb00621.x

McDonald, R. P. (1999). *Test theory: A unified treatment.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R. & Loper, S. (2016). Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high-quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(2), 261–290. https://doi.org/10.1002/tea.21252

McNeish, D. (2018). Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. *Psychological Methods*, *23*(3), 412–433. https://doi.org/10.1037/met0000144

Meschede, N. (2014). *Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht:. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Vol. 163). Berlin: Logos Verlag.

Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. *Unterrichtswissenschaft*, *43*(4), 317–335.

Messick, S. (1989). Validity. In R. L. Linn (Hrsg.), *Educational measurement* (The American Council on Education Macmillan series in higher education, 3. ed., S. 13–103). New York, NY: American Council on Education.

Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. *American Psychologist*, *50*(9), 741–749.

Messner, H. (2007). Vom Wissen zum Handeln – vom Handeln zum Wissen: Zwei Seiten einer Medaille. *Beiträge zur Lehrerbildung*, *25*, 364–376.

Metz, K., Maier, U., Kleinknecht, M., Bohl, T. & Hoppe, H. (2012). Einsatz eines fächerübergreifenden Kategoriensystems zur Analyse von Aufgaben im Fach Deutsch. In A. Ballis & A. Peyer (Hrsg.), *Lernmedien und Lernaufgaben im Deutschunterricht. Konzeptionen und Analysen* (Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuchforschung, S. 25–47). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016a). *Ausbildungsstandards der Staatlichen Seminare für Didaktik und Lehrerbildung (Werkreal-, Haupt- und Realschulen)*. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://llpa-bw.de/,Lde/Startseite/Pruefungsordnungen-Ausbildungsstandards/Ausbildungsstandards

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016b). *Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I - Biologie - Naturphänomene - Technik (BNT).* Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_SEK1_BNT.pdf

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016c). *Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I - Chemie.* Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_SEK1_CH.pdf

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2019). *Hinweise zur Lehrereinstellung für Lehrkräfte an Grundschulen, Haupt- und Werkrealschulen, Realschulen, Gemeinschaftsschulen, Lehrkräfte für Sonderpädagogik sowie Fachlehrkräfte (musisch-technische Fächer und Sonderpädagogik) und Technische Lehrkräfte Sonderpädagogik (Einstellungstermine 2020).* Zugriff am 23.04.2020. Verfügbar unter https://lehrer-online-bw.de/site/pbs-bw-new/get/documents/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/lehrer-online-bw/Downloadliste%20EINSTELLUNG/Hinweise%20GHWRGS.pdf?attachment=true

Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In W. Köhnlein (Hrsg.), *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht* (S. 125–191). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Möller, K. (2007). Gentisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. v. Reeken & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 258–266). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Möller, K. (2010). Lernen von Naturwissenschaften heißt: Konzepte verändern. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1. - 9. Schuljahr.* (1. Auflage, S. 57–72). Bern: Haupt.

Möller, K. (2016). Bedingungen und Effekte qualitätsvollen Unterrichts – ein Beitrag aus fachdidaktischer Perspektive. In N. McElvany, W. Bos, H.-G. Holtappels, M. M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.), *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts* (Dortmunder Symposium der Empirischen Bildungsforschung, Band 1, 1. Auflage, S. 43–64). Münster: Waxmann.

Möller, K. (2018). Die Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lernen im Sachunterricht. In M. Adamina, M. Kübler, K. Kalcsics, S. Bietenhard & E. Engeli (Hrsg.), *„Wie ich mir das denke und vorstelle…". Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft* (S. 35–50). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, Julius.

Möller, K., Lange-Schubert, K., Kleickmann, T. & Todorowa, M. (2017). Professionelle Kompetenz für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 200, S. 157–183). Berlin: Logos Verlag.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (Springer-Lehrbuch, 2. aktualisierte und überarbeitete Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4

Morrison, J. A. & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, *87*(6), 849–867. https://doi.org/10.1002/sce.10092

Mühlhausen, U. (2015). Die Schüler und Schülerinnen motivieren und kognitiv aktivieren. *Pädagogik (Weinheim)*, *67*(2), 42–46.

Mulder, R. H. (2015). Using critical incidents and vignette technique in HRD research to investigate learning activities and behaviour at work. In M. Saunders & P. Tosey (Eds.), *Handbook of research methods on human resource development* (Handbooks of research methods in management, pp. 258–272). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.). (2004). *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.

Murphy, K. R. & Davidshofer, C. O. (1998). *Psychological testing. Principles and applications*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education International Prentice-Hall.

Muthén, L. K. & Muthén, B. O. (1998 – 2014). *Mplus User's Guide* (Seventh Edition). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

Mutke, S. (2017). *Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen; Logos Verlag Berlin GmbH.

Nakoinz, S. (2015). *Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Naylor, S. & Keogh, B. (1999). Constructivism in Classroom: Theory into Practice. *Journal of Science Teacher Education*, *10*(2), 93–106. https://doi.org/10.1023/A:1009419914289

Naylor, S. & Keogh, B. (2004). *Concept cartoons in science education. (the ConCISE Project)* (Reprinted). Sandbach: Millgate House.

Naylor, S. & Keogh, B. (2013). Concept Cartoons: What Have We Learnt? *Journal of Turkish Science Education*, *10*(1), 3–11.

Naylor, S., Keogh, B. & Goldsworthy, A. (2013). *Active Assessment for Science: Thinking, Learning and Assessment in Science*: Taylor & Francis.

Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B. & Gräsel, C. (2007). Chemie im Kontext. Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, *84*(9), 1439. https://doi.org/10.1021/ed084p1439

Neuber, V., Künsting, J. & Lipowsky, F. (2014). *Beeinflusst der Enthusiasmus einer Lehrperson deren unterrichtliches Handeln?*, DGfE Berlin. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.wege-im-beruf.de/DGFE2014_Neuber%20et%20al.pdf

Neubrand, M., Jordan, A., Krauss, S., Blum, W. & Löwen, K. (2011). Aufgaben im COACTIV-Projekt: Einblicke in das Potenzial für kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 115–132). Münster: Waxmann.

Neumann, D. (2015). *Politikdidaktisches Wissen und Können – eine explorative Studie zur Modellierung und Operationalisierung handlungsnaher Aspekte professioneller Kompetenzen*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.

Neuweg, G. H. (2010). Fachkompetenz als Herzstück wirtschaftspädagogischer Professionalität. In R. Fortmüller & B. Greimel-Fuhrmann (Hrsg.), *Wirtschaftsdidaktik - eine Tour d'Horizon von den theoretischen Grundlagen bis zur praktischen Anwendung.* (S. 101–111). Wien: Manz.

Neuweg, G. H. (2014). Das Wissen der Wissensvermittler. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 583–614). Münster: Waxmann.

Neuweg, G. H. (2015). Kontextualisierte Kompetenzmessung. Eine Bilanz zu aktuellen Konzeptionen und forschungsmethodischen Zugängen. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(3), 377–383.

Niedderer, H. & Schecker, H. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In R. Duit & Goldberg, F. & Niedderer, H. (Hrsg.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (S. 74–98). Kiel: IPN.

Nieswandt, M. (2001). Von Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten: Lernwege von Schülerinnen und Schülern im einführenden Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *7*, 33–52.

Ollesch, J. (2018). *Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung professionellen Wissens im Umgang mit multimedialen Repräsentationen im Mathematikunterricht*. Dissertation. Pädagogische Hochschule, Heidelberg.

Olszewski, J. (2010). *The impact of physics teachers'. Pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 109). Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2010. Berlin: Logos.

Olszewski, J., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2009). Zusammenhang von fachdidaktischem Wissen und kognitiver Aktivierung im Physikunterricht. In D. Höttecke (ed.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik - Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29]* (S. 369–371). Münster: LIT-Verlag.

Oser, F., Curcio, G.-P. & Düggeli, A. (2007). Kompetenzmessung in der Lehrerbildung als Notwendigkeit.- Fragen und Zugänge. *Beiträge zur Lehrerbildung*, *25*(1), 14–26.

Oser, F., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des "negativen" Wissens. In W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlaß des 60. Geburtstags von Fritz Oser* (S. 11–41). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Oser, F., Heinzer, S. & Salzmann, P. (2010). Die Messung der Qualität von professionellen Kompetenzprofilen von Lehrpersonen mit Hilfe der Einschätzung von Filmvignetten. Chancen und Grenzen des advokatorischen Ansatzes. *Unterrichtswissenschaft*, *38*(1), 5–28.

Oser, F. & Spychiger, M. (2005). *Lernen ist schmerzhaft. Zur Theorie des negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur* (Beltz-Pädagogik). Weinheim: Beltz.

Otero, V. K. & Nathan, M. J. (2008). Preservice elementary teachers' views of their students' prior knowledge of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(4), 497–523. https://doi.org/10.1002/tea.20229

Paris, S. G., Lipson, M. Y. & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology*, *8*(3), 293–316. https://doi.org/10.1016/0361-476X(83)90018-8

Park, S. & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK). Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 922–941. https://doi.org/10.1002/tea.21022

Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK). PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261–284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Paseka, A. & Hinzke, J.-H. (2014). Fallvignetten, Dilemmainterviews und dokumentarische Methode. Chancen und Grenzen für die Erfassung von Lehrerprofessionalität. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *7*(1), 46–63.

Petermann, K., Friedrich, J. & Oetken, M. (2008). „Das an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtsverfahren". *CHEMKON*, *15*(3), 110–118. https://doi.org/10.1002/ckon.200810074

Peters, J. H. & Dörfler, T. (2015). *Abschlussarbeiten in der Psychologie und den Sozialwissenschaften - Planen, Durchführen und Auswerten* (PS - Psychologie). Hallbergmoos: Pearson.

Peterson, P. L., Fennema, E., Carpenter, T. P. & Loef, M. (1989). Teacher's Pedagogical Content Beliefs in Mathematics. *Cognition and Instruction*, *6*(1), 1–40. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0601_1

Pietzner, V. (2016). Das Wissen von Chemielehrkräften über Schülervorstellungen. In K. Höner, M. Looß & R. Müller (Hrsg.), *Naturwissenschaften vermitteln: von der frühen Kindheit bis zum Lehrerberuf* (Naturwissenschaften vermitteln, 1. Auflage, S. 105–120).

Pinarbasi, T., Sozbilir, M. & Canpolat, N. (2009). Prospective chemistry teachers' misconceptions about colligative properties: boiling point elevation and freezing point depression. *Chemistry Education Research and Practice*, *10*(4), 273–280. https://doi.org/10.1039/B920832C

Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change. The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, *63*(2), 167–199. https://doi.org/10.3102/00346543063002167

Pohlmann, B. & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums (FEMOLA)1, *24*(1), 73–84. https://doi.org/10.1024/1010-0652.a000005

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, *66*(2), 211–227. https://doi.org/10.1002/sce.3730660207

Pospeschill, M. (2010). *Testtheorie, Testkonstruktion, Testevaluation*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Praetorius, A.-K. (2014). *Messung von Unterrichtsqualität durch Ratings*. Dissertation.

Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM*, *50*(3), 407–426. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4

Praetorius, A.-K., Vieluf, S., Saß, S., Bernholt, A. & Klieme, E. (2016). The same in German as in English? Investigating the subject-specificity of teaching quality. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *19*(1), 191–209. https://doi.org/10.1007/s11618-015-0660-4

Prechtl, H. (2014). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In M. Michalak (Hrsg.), *Sprache als Lernmedium im Fachunterricht. Theorien und Modelle für das sprachbewusste Lehren und Lernen* (S. 91–112). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Prediger, S. & Wittmann, G. (2009). Aus Fehlern lernen - (wie) ist das möglich? *Praxis der Mathematik in der Schule*, *27*(51), 1–8.

Rahmat, F. A. (2009). Use of concept cartoons as a strategy to address pupils' misconceptions in primary four science topic on matter. In A. L. Tan, H. M. Wong & S. Tan (Hrsg.), *Action research: Empowering my practice in teaching science* (S. 11–37). Singapore: National Institute of Education and Science Exploria, East Zone Centre of Excellence for Primary Science.

Rakoczy, K., Klieme, E., Lipowsky, F. & Drollinger-Vetter, B. (2010). Strukturierung, kognitive Aktivität und Leistungsentwicklung im Mathematikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, *38*(3), 229–246.

Read, A. (2014). Reflective practice. In H. Cooper (Ed.), *Professional studies in primary education* (pp. 289–304). London: Sage.

Rehm, M. (2015). Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht? In U. Gebhard (Hrsg.), *Sinn im Dialog. Zur Möglichkeit sinnkonstituierender Lernprozesse im Fachunterricht* (S. 199–216). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Rehm, M. (Hrsg.). (2018a). *Wirksamer Chemieunterricht* (Unterrichtsqualität, Band 2). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Rehm, M. (2018b). Wirksamer Chemieunterricht - Eine Einführung. In M. Rehm (Hrsg.), *Wirksamer Chemieunterricht* (Unterrichtsqualität, Band 2, S. 17–24). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Rehm, M. & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 213–225). Berlin: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_18

Rehm, M., Ropohl, M., Steffensky, M. & Parchmann, I. (2017). Schülervorstellungen nutzen. Ein wichtiges Merkmal effektiven Chemieunterrichts. *Chemie im Unterricht*, (159), 9–12.

Reinders, H. (2006). Kausalanalysen in der Längsschnittforschung. Das Crossed-Lagged-Panel Design. *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung*, *1*(4), 569–587.

Reiners, C. (2017). *Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Berlin: Springer Spektrum.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.). (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783830985556

Renkl, A. (2010). Träges Wissen. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (4. überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 854–858). Weinheim: Beltz.

Renkl, A. (2015). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (2. Auflage, Bd. 16, S. 3–24). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_1

Resch, M. (2018). *Aufgaben formulieren können. Entwicklung und Validierung eines Vignettentests zur Erfassung professioneller Kompetenz für historisches Lehren* (Wochenschau Geschichte, Band 8). Frankfurt am Main: Wochenschau Verlag.

Resch, M., Heuer, C. & Lohse-Bossenz, H. (2019). Zur Entwicklung von Fachwissen und geschichtsdidaktischem Können während des Referendariats – Ergebnisse einer Längsschnittstudie zum Professionalisierungsprozess. *Zeitschrift für Geschichtsdidaktik*, *18*(1), 61–77. https://doi.org/10.13109/zfgd.2019.18.1.61

Retelsdorf, J., Bauer, J., Gebauer, S. K., Kauper, T. & Möller, J. (2014). Erfassung berufsbezogener Selbstkonzepte von angehenden Lehrkräften (ERBSE-L). *Diagnostica*, *60*(2), 98–110. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000108

Reusser, K. & Messner, H. (2002). Das Curriculum der Lehrerinnen- und Lehrerbildung – ein vernachlässigtes Thema. *Beiträge zur Lehrerbildung*, *20*(3), 282–299.

Richter, D. (2011). Lernen im Beruf. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 317–325). Münster: Waxmann.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.

Riese, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *1*(9), 25–33.

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y. et al. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke (Hrsg.), *Kompetenzen von Studierenden* (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft Bd. 61, S. 55–79). Weinheim: Beltz Juventa.

Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 167-187. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/16_Riese.pdf

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 111–143. https://doi.org/10.1007/s11618-012-0259-y

Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 235-260. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/16_Rincke.pdf

Robinson, J. P., Shaver, P. R., Wrightsman, L. S. & Andrews, F. M. (1991). *Measures of personality and social psychological attitudes* (Measures of social psychological attitudes, Vol. 1). San Diego: Academic Press.

Rohrbach, F. & Marohn, A. (2016). Schülervorstellungen: Forschend verstehen und handeln Lernen. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Bd. 36, S. 334–336). Regensburg: Universität Regensburg.

Rohrbach-Lochner, F. & 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. *RISTAL*, 35–50.

Roth, W.-M. (2008). The nature of scientific conceptions: A discursive psychological perspective. *Educational Research Review*, *3*, 30–50.

Rubin, D. B. (1976). Inference and missing data. *Biometrika*, *63*(3), 581–592.

Rutsch, J. (2016). *Entwicklung und Validierung eines Vignettentests zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens im Leseunterricht bei angehenden Lehrkräften*. Dissertation. Pädagogische Hochschule Heidelberg.

Rutsch, J., Rehm, M., Vogel, M., Seidenfuß, M. & Dörfler, T. (Hrsg.). (2018). *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0

Rutsch, J., Vogel, M., Rehm, M. & Dörfler, T. (2018). Modellierung der Testletstruktur bei vignettenbasierten Testverfahren mit geschlossenem Antwortformat. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 27–46). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Rutsch, J., Vogel, M., Seidenfuß, M., Dörfler, T. & Rehm, M. (2018). Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 9–25). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_1

Rütten, C. (2016). *Sichtweisen von Grundschulkindern auf negative Zahlen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-14196-7

Rybowiak, V., Garst, H., Frese, M. & Batinic, B. (1999). Error orientation questionnaire (EOQ). Reliability, validity, and different language equivalence. *Journal of Organizational Behavior*, *20*(4), 527–547. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1379(199907)20:4<527::AID-JOB886>3.0.CO;2-G

Sackmann, E. (2008). *Comic. Kommentierte Definition*, Bibliographisches Institut GmbH & F. A. Brockhaus GmbH. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter http://www.comicforschung.de/definitioncomic.pdf

Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N. & Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, *50*(5), 1020–1049. https://doi.org/10.3102/0002831213477680

Satorra, A. & Bentler, P. M. (2001). A scaled difference chi-square test statistic for moment structure analysis. *Psychometrika*, *66*(4), 507–514. https://doi.org/10.1007/BF02296192

Sauer, S. (2016). *Konstruktion und Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Professionalität von Lehrenden*. Dissertation. Universität, Regensburg.

Schaper, N. (2009). Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *2*(1), 166–199.

Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 1–21). Berlin, Heidelberg: Springer.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2

Scheuch, M. (2013). *Die Entwicklung von Pedagogical Content Knowledge (PCK) in Fortbildungen für BiologielehrerInnen*. Dissertation. Universität, Wien.

Schindler, D. (2015). Präkonzepte. *Delta Phi B*, 1–6.

Schmelzing, S. (2010). *Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften: Konzeptionalisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerbildung*. Dissertation. Universität, Duisburg-Essen.

Schmelzing, S., Wüsten, S., Sandmann, A. & Neuhaus, B. (2008). Evaluation von zentralen Inhalten der Lehrerbildung: Ansätze zur Diagnostik des fachdidaktischen Wissens von Biologielehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *1*(2), 641–663.

Schmelzing, S., Wüsten, S., Sandmann, A. & Neuhaus, B. (2010). Fachdidaktisches Wissen und Reflektieren im Querschnitt der Biologielehrerbildung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*(1), 189-207.

Schmidt, M. (2014). *Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt "Verbrennung"*. Dissertation. Universität, Duisburg-Essen.

Schmidt, S. & Parchmann, I. (2011). Schülervorstellungen - Lernhürde oder Lernchance? *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, *60*(3), 15–20.

Schmiemann, P. & Lücken, M. (2014). Validität – Misst mein Test, was er soll? In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 107–118). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_9

Schneider, R. M. & Plasman, K. (2011). Science Teacher Learning Progressions. *Review of Educational Research*, *81*(4), 530–565. https://doi.org/10.3102/0034654311423382

Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (2011). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (9. aktualisierte Auflage). München: Oldenbourg.

Schödl, A. (2017). *FALKO-Physik. Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik - Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 236). Berlin: Logos Verlag.

Schödl, A. & Göhring, A. (2017). FALKO-P: Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften. In S. Krauss, A. Lindl, A. Schilcher, M. Fricke, A. Göhring & B. Hofmann (Hrsg.), *Falko: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik* (S. 201–244). Waxmann Verlag GmbH.

Schönknecht, G. & Maier, P. (2012). *Diagnose und Förderung im Sachunterricht. Handreichungen des Programms Sinus an Grundschulen.* Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

Schubert, J. C. (2015). Schülervorstellungen zu Wüsten und zur Desertifikation. Ergebnisse einer qualitativen Interviewstudie. In J. C. Schubert & K. Wrenger (Hrsg.), *Wüsten und Desertifikation im Geographieunterricht. Empirische Studien zu Vorstellungen und Interessen von Schülerinnen und Schülern* (MV-Wissenschaft, Bd. 58, S. 1–112). Münster: Monsenstein und Vannerdat.

Schwarzer, R. & Warner, L. M. (2014). Forschung zur Selbstwirksamkeit bei Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 662–678). Münster: Waxmann.

Seidel, T., Blomberg, G., Stürmer, K., Klieme, E., Leutner, D. & Kenk, M. (2010). "Observer" - Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. In E. Klieme, D. Leutner & M. Henk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes* (Zeitschrift für Pädagogik, Bd. 56, Beiheft, S. 296–306). Weinheim: Beltz.

Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, *77*(4), 454–499. https://doi.org/10.3102/0034654307310317

Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. *American Educational Research Journal*, *51*(4), 739–771. https://doi.org/10.3102/0002831214531321

Seifert, A., Hilligus, A. H., Schaper, N., Fuchs, C., Wüsten, S., Sandmann, A. et al. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *2*(1), 82–103. Zugriff am 18.04.2020. Verfügbar unter https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-147005

Seifried, J. & Wuttke, E. (2017). Der Einsatz von Videovignetten in der wirtschaftspädagogischen Forschung: Messung und Förderung von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Kompetenzen angehender Lehrpersonen. In C. Gräsel & K. Trempler (Hrsg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals. Interdisziplinäre Betrachtungen, Befunde und Perspektiven* (S. 303–322). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Selter, C., Hußmann, S., Hößle, C., Knipping, C., Lengnink, K. & Michaelis, J. (Hrsg.). (2017). *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung*. Münster: Waxmann.

Shavelson, R. J. (2013). On an Approach to Testing and Modeling Competence. *Educational Psychologist*, *48*(2), 73–86. https://doi.org/10.1080/00461520.2013.779483

Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A. & Wiley, E. W. (2005). Windows into the mind. *Higher Education*, *49*(4), 413–430. https://doi.org/10.1007/s10734-004-9448-9

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand. Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching. Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Staub, F. C. & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains. Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, *94*(2), 344–355. https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.344

Steffensky, M. & Neuhaus, B. J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 47, S. 299–313). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_18

Steffensky, M., Parchmann, I. & Schmidt, S. (2005). Alltagsvorstellungen und chemische Erklärungskonzepte. “Die Teilchen saugen das Aroma aus dem Tee”. *Chemie in unserer Zeit*, *39*(4), 274–278. https://doi.org/10.1002/ciuz.200400334

Stein, M. (2016). *Ergänzung eines bestehenden Erhebungsinstruments zum Umgang von Lehrkräften mit "Fehlvorstellungen" von Schülern* (Reihe Studium und Forschung): Kassel University Press.

Steininger, R. (2016). Mit Concept Cartoons Fragen für den Unterrichtseinstieg ins Thema "Kunststoffe" entwickeln. *Plus Lucis*, (1), 5–8.

Steininger, R. (2017). *Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht. Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 245). Berlin: Logos Verlag.

Steininger, R. & Lembens, A. (2011). Concept Cartoons zum Thema Redoxreaktionen. Erfahrungen und Anregungen für den Einsatz im Unterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, *60*(3), 26–31.

Steinmetz, H., Matiaske, W., Berlemann, M., Fantapié Altobelli, C. & Seidel, W. (2014). *Lineare Strukturgleichungsmodelle. Eine Einführung mit R* (Sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden, Band 9, 1. Auflage). München: Rainer Hampp Verlag.

Stender, A. (2014). *Unterrichtsplanung. Vom Wissen zum Handeln : theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 170). Berlin: Logos Verlag.

Stephenson, P. & Warwick, P. (2002). Using concept cartoons to support progression in students' understanding of light. *Physics Education*, *37*(2), 135–141. https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/2/306

Strahl, A. & Preißler, I. (2014). *Fachdidaktik der Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Physik* (1. Auflage). Norderstedt: Books on Demand.

Strauß, S., König, J. & Nold, G. (2019). Fachdidaktisches Wissen, Überzeugungen, Enthusiasmus und Selbstwirksamkeit: Prüfung der Struktur von Merkmalen professioneller Kompetenz von angehenden Englischlehrkräften. *Unterrichtswissenschaft*, *47*(2), 243–266. https://doi.org/10.1007/s42010-019-00039-6

Strübe, M., Tepner, O. & Sumfleth, E. (2016). Modelle und Experimente: Wissen und Handeln von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015 (S). Universität Regensburg. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Bd. 36, S. 140–142). Regensburg: Universität Regensburg.

Sumfleth, E. & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht. Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *4*(2), 4–20.

Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *18*(4), 667–685.

Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2010). *Using multivariate statistics* (Pearson International Edition, 5th edition). Boston: Pearson.

Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions-prevention, diagnosis and cure. Volume 1: theoretical background*. London: Royal Society of Chemistry.

Taber, K. S. & Tan, K. C. D. (2011). The Insidious Nature of 'Hard-Core' Alternative Conceptions. Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students' and pre-service teachers' thinking about ionisation energy. *International Journal of Science Education*, *33*(2), 259–297. https://doi.org/10.1080/09500691003709880

Tachtsoglou, S. & König, J. (2018). Der Einfluss von Lerngelegenheiten in der Lehrerausbildung auf das pädagogische Wissen angehender Englischlehrkräfte. *Journal for educational research online*, *2*(10), 3–33.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, *4*(2), 99–110. https://doi.org/10.1016/0742-051X(88)90011-X

Tempel, B. J. (2017). *Vermittlung von Modellkompetenz in den Unterrichtsfächern Biologie und Chemie. Modellierung, Validierung und Messung Professioneller Unterrichtswahrnehmung zukünftiger Lehrkräfte mit Hilfe eines Vignettentests*. Dissertation. Pädagogische Hochschule, Heidelberg.

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S. et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 7–28.

Tepner, O. & Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 311–323). Berlin: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_25

Terhart, E. (2008). Die Lehrerbildung. In K. S. Cortina, J. Baumert, A. Leschinsky, K. U. Mayer & L. Trommer (Hrsg.), *Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland. Strukturen und Entwicklungen im Überblick* (S. 745–773). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag.

Terhart, E., Bennewitz, H. & Rothland, M. (Hrsg.). (2014). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Münster: Waxmann. Zugriff am 18.04.2020. Verfügbar unter http://sub-hh.ciando.com/book/?bok_id=1721688

Trautwein, U., Sliwka, A. & Dehmel, A. (2018). Grundlagen für einen wirksamen Unterrich. *Wirksamer Unterricht, Band 1*.

Treagust, D. & Duit, R. (2015). On the Significance of Conceptual Metaphors in Teaching and Learning Science. Commentary on Lancor; Niebert and Gropengiesser; and Fuchs. *International Journal of Science Education*, *37*(5-6), 958–965. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1025312

Tröger, H., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2015). Der Umgang von Chemielehrkräften mit Fachsprache und Schülerfehlern. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 35* (S. 498–500).

Tröger, H., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2017). Chemistry Teachers' Professional Knowledge, Classroom Action, and Students' Learning: The Relevance of Technical Language. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & J. Lavonen (Hrsg.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research* (Contributions from Science Education Research, Bd. 3, S. 207–218). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_16

Tsai, C.-C. & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, *18*(2), 157–165. https://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2002.00223.x

Tschannen-Moran, M. & Woolfolk Hoy, A. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, *17*, 783–805.

Türling, J. M. (2014). Schülerfehler als konstitutives Merkmal von Lehr-Lern- Prozessen. In J. M. Türling (Hrsg.), *Die professionelle Fehlerkompetenz von (angehenden) Lehrkräften* (S. 29–66). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Uhren, S. (2014). *Zum Umgang von Lehrkräften mit alternativen Schülervorstellungen*. Berlin: Uni-Edition.

Uhren, S. (2017). *Zum Umgang von Lehrkräften mit alternativen Schülervorstellungen* (Beiträge zur Chemiedidaktik). Berlin: Uni-Edition.

Uhren, S., Ralle, B. & Di Fuccia, D.-S. (2013). Zum Umgang von Lehrkräften mit alternativen Schülervorstellungen. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, *38*(105), 5–20.

Unger, V., Rutsch, J., Keller, E., Dörfler, T. & Glaser, K. (2018). Pilotierung einer Intervention zur Förderung schreibdidaktischen Wissens bei Lehramtsstudierenden. *Leseräume Zeitschrift für Literalität in Schule und Forschung*, *5*(5), 1–18.

Urban, D. & Mayerl, J. (2018). *Angewandte Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Praxis* (Studienskripten zur Soziologie, 5. überarbeitete Auflage). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01915-0

Valanides, N. (2000). Primary student teachers` understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, *1*(2), 249–262. https://doi.org/10.1039/A9RP90026H

Van Dijk, E. M. & Kattmann, U. (2010). Evolution im Unterricht: Eine Studie über fachdidaktisches Wissen von Lehrerinnen und Lehrern.16, 7-21. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 7–21.

Van Driel, J., De Jong, O. & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, *86*(4), 572–590. https://doi.org/10.1002/sce.10010

Van Driel, J., Verloop, N. & Vos, W. de. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(6), 673–695. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J

Vehmeyer, J. K. (2009). *Kognitiv anregende Verhaltensweisen von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Sachunterricht.* Dissertation. Universität, Münster.

Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 174). Berlin: Logos Verlag.

Vogelsang, C. & Cauet, E. (2017). Wie valide sind Professionswissenstest? - Zum Zusammenhang von erfasstem Wissen, Unterrichtshandeln und Unterrichtserfolg. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 200, S. 77–96). Berlin: Logos Verlag.

Von Glasersfeld, E. (2005). Was heißt Lernen aus konstruktivistischer Sicht? In R. Voß (Hrsg.), *Unterricht aus Konstruktivistischer Sicht. Die Welt in den Köpfen der Kinder* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage, S. 214–223). Weinheim: Beltz.

Voss, T. (2019). Lehrkraftwissen und dessen Erwerb. Was muss eine Lehrkraft wissen und wo lernt sie es? In N. McElvany, F. Schwabe, W. Bos & H. G. Holtappels (Hrsg.), *Lehrerbildung – Potentiale und Herausforderungen in den drei Phasen* (IFS-Bildungsdialoge, Bd. 3, 1. Auflage, S. 9–28). Münster: Waxmann.

Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 235–257). Münster: Waxmann.

Voss, T., Kunina-Habenicht, O., Hoehne, V. & Kunter, M. (2015). Stichwort Pädagogisches Wissen von Lehrkräften. Empirische Zugänge und Befunde. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *18*(2), 187–223. https://doi.org/10.1007/s11618-015-0626-6

Voss, T. & Kunter, M. (2011). Pädagogisch-psychologisches Wissen von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 193–214). Münster: Waxmann.

Voss, T., Kunter, M. & Baumert, J. (2011). Assessing teacher candidates' general pedagogical/psychological knowledge. Test construction and validation. *Journal of Educational Psychology*, *103*(4), 952–969. https://doi.org/10.1037/a0025125

Wagner, W., Göllner, R., Werth, S., Voss, T., Schmitz, B. & Trautwein, U. (2016). Student and teacher ratings of instructional quality. Consistency of ratings over time,

agreement, and predictive power. *Journal of Educational Psychology*, *108*(5), 705–721. https://doi.org/10.1037/edu0000075

Wainer, H. & Kiely, G. L. (1987). Item Clusters and Computerized Adaptive Testing: A Case for Testlets. *Journal of Educational Measurement*, *24*(3), 185–201. https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.1987.tb00274.x

Watson, B. & Kopnicek, R. (1998). Unterricht für und durch 'conceptual change': Auseinandersetzung mit kindlichen Konzepten in Lernprozessen. In A. Bolland (Hrsg.), *Lernwege zum Thema Balance. Dokumentation der 10. bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten* (S. 150–157). Bremen: Universität Bremen und Pädagogik-Kooperative.

Weiber, R. & Mühlhaus, D. (Hrsg.). (2014). *Strukturgleichungsmodellierung. Eine anwendungsorientierte Einführung in die Kausalanalyse mit Hilfe von AMOS, SmartPLS und SPSS* (Springer-Lehrbuch, 2. Auflage). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35012-2

Wendt, H., Bos, W., Selter, C., Köller, O., Schwippert, K. & Kasper, D. (Hrsg.). (2016). *TIMSS 2015 Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (1. Auflage, neue Ausgabe). Münster: Waxmann.

Werner, C. S., Schermelleh-Engel, K., Gerhard, C. & Gäde, J. C. (2016). Strukturgleichungsmodelle. In N. Döring & J. Bortz (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 945–973). Berlin, Heidelberg: Springer.

Widodo, A. & Duit, R. (2005). Konstruktivistische Lehr-Lern-Sequenzen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 131-146. Zugriff am 19.04.2020. Verfügbar unter ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2005/9.Widodo_Duit_131-146.pdf

Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (Hrsg.). (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Wilhelm, M., Rehm, M. & Reinhardt, V. (2018). Qualitätsvoller Fachunterricht. In M. Rehm (Hrsg.), *Wirksamer Chemieunterricht* (Unterrichtsqualität, Band 2, S. 9–16). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Wilhelm, T. (2008). Vorstellungen von Lehrern über Schülervorstellungen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 28, S. 44–46). Münster: LIT-Verlag.

Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 39–61). Berlin, Heidelberg: Springer.

Wirtz, M. (2004). Über das Problem fehlender Werte: Wie der Einfluss fehlender Informationen auf Analyseergebnisse entdeckt und reduziert werden kann. *Die Rehabilitation*, *43*(2), 109–115. https://doi.org/10.1055/s-2003-814839

Wischmann, F. (2015). *Mentoring im fachbezogenen Schulpraktikum: Analyse von Reflexionsgesprächen*. Dissertation. Universität, Bremen.

Witner, S. & Tepner, O. (2011a). Entwicklung geschlossener Testaufgaben zur Erhebung des fachdidaktischen Wissens von Chemielehrkräften. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae, 37*(104), 113–137.

Witner, S. & Tepner, O. (2011b). ProwiN-Test zum fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften. In A. Borowski, S. Dollny, H. E. Fischer, M. Jüttner, S. Kirschner, B. J. Neuhaus et al. (Hrsg.), *ProwiN-Testinstrumente.* Essen.

Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht* (Naturwissenschaften und Technik - Didaktik im Gespräch, Bd. 25). Münster: LIT-Verlag.

Wodzinski, R., Prenzel, M., Demuth, R. & Rieck, K. (2006). *Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern. (Überarbeitete Fassung)* (Modulbeschreibungen des Programms SINUS-Transfer Grundschule. Naturwissenschaften Bd.4. G4). Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.

Wolters, M. (2014). *Wie kompetent sind (angehende) Lehrkräfte in der professionellen Wahrnehmung kognitiv anregender Situationen im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht?* Dissertation. Universität, Münster.

Yong, C. L. & Kee, C.'n. Z. (2017). Utilizing Concept Cartoons to Diagnose and Remediate Misconceptions Related to Photosynthesis Among Primary School Students. In M. Karpudewan, A. N. M. Zain & A. L. Chansegaran (Hrsg.), *Overcoming students' misconceptions in science. Strategies and perspectives from Malaysia* (S. 9–27). Singapore: Springer.

Zielinski, W. (1995). *Lernschwierigkeiten. Ursachen - Diagnostik - Intervention* (Kohlhammer-Standards-Psychologie, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.

Anhang

A-1

Beispielvignette mit Erläuterung zu einer Konstruktfacette des prozeduralen CDWs: *Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons für den Umgang mit Schülervorstellungen*

A-2

Auszug aus dem Auswertungsmanual zur Vignette „Gefährliche Badesituation?“

A-1 Beispielvignette mit Erläuterung zu einer Konstruktfacette des prozeduralen CDWs: *Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons für den Umgang mit Schülervorstellungen*

Vignettenstamm:

Im Zentrum der Vignette „Gefährliche Badesituation?“ steht ein Concept Cartoon, indem Schülervorstellungen zur Frage „Leitet Wasser Strom und ist es deshalb gefährlich, wenn ein Föhn ins Badewasser fällt?“ aufgeführt sind. Der Vignettenstamm umfasst darüber hinaus weitere Informationen, wie der Concept Cartoon im Unterricht zum Thema elektrische Leitfähigkeit bei einer siebten Realschulklasse eingeführt wurde.

Vignette: „Gefährliche Badesituation?“

Heute sollen die Schüler*innen einer 7. Realschulklasse die elektrische Leitfähigkeit als eine mögliche Stoffeigenschaft kennenlernen. Den Einstieg in das Thema „Stoffe und ihre Eigenschaften“ hat Frau Bach über einen Alltagsbezug geplant, der den Schülerinnen und Schülern bekannt ist. Durch einen Filmausschnitt will sie den Lernenden die Problematik: *„Leitet Wasser Strom und ist es deshalb gefährlich, wenn ein Föhn ins Badewasser fällt?“* auf eine lustige und ansprechende Art präsentieren. Die Lehrerin stoppt den Film zeitlich so, dass die Klasse keine Lösungsansätze für die Fragestellung präsentiert bekommt.

Um die Problemstellung zu bearbeiten, hat Frau Bach für die Klasse einen Concept Cartoon und folgende Arbeitsanweisung vorbereitet: *„Die vier Kinder haben unterschiedliche Vorstellungen davon was passiert, wenn der Föhn in die Wanne fällt. Was denkt ihr? Diskutiert zu zweit oder zu viert mit welchen Aussagen ihr übereinstimmt und warum? Habt ihr sogar noch andere Vermutungen? Dann schreibt diese in die leere Denkblase.“*

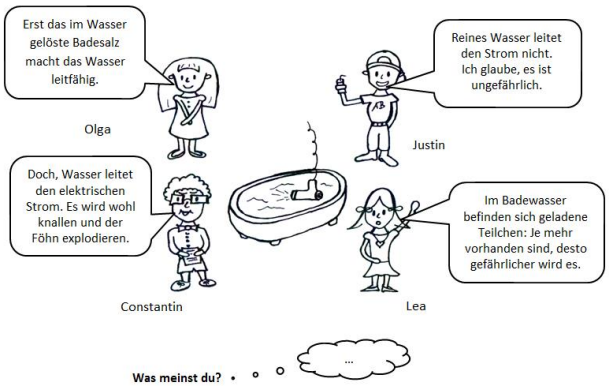


Abbildung 11.1. Vignettenstamm der Beispielvignette zum prozeduralen CDW.

Fachdidaktische Fragestellung:

Mit der fachdidaktischen Aufgabenstellung wird erfragt, ob die Probandinnen und Probanden wissen, welche fachdidaktischen Intentionen dem Einsatz von Concept Cartoons zur Berücksichtigung von Schülervorstellungen zugrunde liegen. Aufgabe der angehenden Lehrkräfte ist es dabei eine Einschätzung aus der Perspektive von Frau Bach zu übernehmen.

Versetzen Sie sich in die Rolle von Frau Bach:

Welche Möglichkeiten sehen Sie in der Arbeitsanweisung und dem dargestellten Concept Cartoon, damit Frau Bach Schülervorstellungen in Ihrem Unterricht aufgreifen kann?

Bewerten Sie die folgenden Begründungen aus fachdidaktischer Sicht.

Abbildung 11.2. Fachdidaktische Fragestellung der Beispielvignette zum prozeduralen CDW.

Antwortmöglichkeiten:

Die Beschreibung der Konstruktfacette *Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons für den Umgang mit Schülervorstellungen* (Kapitel 5) macht deutlich, dass der Einsatz von Concept Cartoons auf vielfältige Weise ermöglicht, Schülervorstellungen im Unterricht zu thematisieren und aufzugreifen. Die Einschätzung der nachfolgenden Antwortitems fokussiert sich daher darauf, welche Absichten Frau Bach mit dem Concept Cartoons verfolgen wollte, um Schülervorstellungen in ihrem Unterricht aufgreifen zu können.

Bitte machen Sie in jeder Zeile ein Kreuz.	1 Trifft gar nicht zu	2 Trifft nicht zu	3 Trifft eher nicht zu	4 Trifft eher zu	5 Trifft zu	6 Trifft voll und ganz zu
Mit dem Concept Cartoon verwirrt die Lehrerin die Klasse nur. Verschiedene, falsche Vorstellungen zur elektrischen Leitfähigkeit von Wasser sollten nicht aufgegriffen werden.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mit dem Concept Cartoon gibt die Lehrerin alle Lösungen zur Leitfähigkeit von Wasser vor, die Schüler*innen lernen nicht Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess zu übernehmen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mit dem Concept Cartoon möchte die Lehrerin erreichen, dass die Schüler*innen sich ihrer eigenen Vorstellungen bewusst werden, was passiert wenn ein Föhn ins Badewasser fällt.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mit dem Concept Cartoon hat die Lehrerin die Möglichkeit verschiedene konkurrierende Konzepte, ob Badewasser Strom leitet, aufzugreifen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mit dem Concept Cartoon kann die Lehrerin die Klasse durch die Auseinandersetzung mit den Vorstellungen zur aufgezeigten Problematik erstmal beschäftigen.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mit dem Concept Cartoon kann die Lehrerin ganz neue Vorstellungen der Schüler*innen zur Leitfähigkeit von Wasser aufdecken.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 11.3. Antwortmöglichkeiten bei der Beispielvignette zum prozeduralen CDW.

A-2 Auszug aus dem Auswertungsmanual zur Vignette „Gefährliche Badesituation?“

Das Auswertungsmanual beinhaltet zunächst eine kurze Beschreibung für jede Vignette, die den Vignettenaufbau sowie die Intention der Vignette aufzeigt. Danach wird pro Antwortmöglichkeit eine Begründung für die gewählte Lösung gegeben.

Aufbau und Intention der Vignette „Gefährliche Badesituation?“

Mit dieser Vignette soll das *Wissen über das Potenzial von Concept Cartoons für den Umgang mit Schülervorstellungen* erfasst werden. Dazu bekommen (angehende) Lehrkräfte einen beispielhaften Concept Cartoon im Vignettenstamm präsentiert, sowie seine Einbettung in den Unterricht. Daran schließt sich eine fachdidaktische Fragestellung an. In dieser wird erfragt, welche Möglichkeiten in der Arbeitsanweisung und dem dargestellten Concept Cartoon zu erkennen sind, damit Schülervorstellungen im Unterricht Berücksichtigung finden. Anhand der angekreuzten Antwortalternativen[42] soll überprüft werden, ob die Probandinnen und Probanden die Absichten kennen, die mit dem eingesetzten Concept Cartoon in diesem Zusammenhang verfolgt werden.

[42] Bei diesem Beispiel konnte recht eindeutig eine geeignete und weniger geeignete Aussage über die einzelnen Antwortmöglichkeiten getroffen werden. In dem Lösungsmuster anderer Vignetten ist die ganze Breite der Rangskala abgedeckt.

Begründungen zur Einschätzung der Antwortmöglichkeiten

Bitte machen Sie in jeder Zeile ein Kreuz.	1 Trifft gar nicht zu	2 Trifft nicht zu	3 Trifft eher nicht zu	4 Trifft eher zu	5 Trifft zu	6 Trifft voll und ganz zu
Mit dem Concept Cartoon verwirrt die Lehrerin die Klasse nur. Verschiedene, falsche Vorstellungen zur elektrischen Leitfähigkeit von Wasser sollten nicht aufgegriffen werden.	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Erklärung zur Aussage in Item 1: Mit dem Concept Cartoon werden ganz bewusst verschiedene „Hybrid-/Misch-konzepte“ von Lernenden in den Sprechblasen aufgegriffen. Damit wird berücksichtigt, dass bei Lernenden sowohl stabile als auch labile Vorstellungen in Bezug auf das dargestellte naturwissenschaftliche Phänomen vorliegen können. Es werden also nicht nur rein richtige oder falsche Aussagen verwendet, um zu zeigen wie vielfältig die Vorstellungen von Lernenden ausfallen können (Naylor & Keogh, 2013, S. 4). Den Erklärungen folgend ist daher das Item als zutreffend einzuschätzen.						
Mit dem Concept Cartoon gibt die Lehrerin alle Lösungen zur Leitfähigkeit von Wasser vor, die Schüler*innen lernen nicht Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess zu übernehmen.	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Erklärung zur Aussage in Item 2: Die Arbeitsanweisung zum Concept Cartoon ist so gestellt, dass sie die Lernenden unterstützt sowie anleitet ihre eigenen Vorstellungen und Lernprozesse zunächst zu hinterfragen. Daran anschließend soll die gestellte Frage weitgehend selbstständig beantwortet und dabei eigene Vorstellungen angepasst bzw. weiterentwickelt werden (Steininger, 2016, S. 5). Die in den Sprechblasen abgedruckten Aussagen sind nicht dafür bestimmt, den Lernenden die richtige(n) Lösung(en) zu verraten bzw. vorzugeben. Vielmehr sollen sie auf Grundlage ihrer Vorstellungen und ihres Vorwissens Argumente für das Für und Wider der Angemessenheit der jeweiligen Aussagen finden (Steininger & Lembens, 2011, S. 28). Demnach ist die Aussage der zweiten Antwortalternative in Bezug auf den Einsatz von Concept Cartoons ebenfalls nicht stimmig.						

Mit dem Concept Cartoon möchte die Lehrerin erreichen, dass die Schüler*innen sich ihrer eigenen Vorstellungen bewusst werden, was passiert wenn ein Föhn ins Badewasser fällt.	☐	☐	☐	☐	☐	☒
Erklärung zur Aussage in Item 3: Die Bewusstwerdung der eigenen Vorstellungen ist ein vorrangiges Ziel bei der Arbeit mit Concept Cartoons. In der Einzelarbeit, wie der Diskussion mit anderen Gruppenmitgliedern sollen Lernende anregt werden ihre individuellen Vorstellungen, Erklärungsansätze sowie ihr Vorwissen zu hinterfragen und einzubringen (Steininger & Lembens, 2011, S. 28). Dieses Item ist demzufolge als zutreffend einzuschätzen.						
Mit dem Concept Cartoon hat die Lehrerin die Möglichkeit verschiedene konkurrierende Konzepte, ob Badewasser Strom leitet, aufzugreifen.	☐	☐	☐	☐	☐	☒
Erklärung zur Aussage in Item 4: Die Sprechblasentexte beinhalten sowohl lebensweltliche, wie wissenschaftliche Aussagen zur aufgeworfenen Frage (Naylor & Keogh, 2013, S. 4). Damit werden Schülervorstellungen berücksichtigt, welche aus dem Alltag oder dem vorangegangenen Unterricht stammen. Indem diese z. T. gegensätzlichen und konkurrierenden Vermutungen aufgegriffen werden, können die Annahmen einander gegenübergestellt und diskutiert werden. Nach Fenske, Klee und Lutter (2011) können „durch die konstruktive Verknüpfung von Alltagskonzepten und Fachkonzepten […] neue Chancen für nachhaltige Lehr- und Lernprozesse erschlossen werden“ (Fenske, Klee & Lutter, 2011, S. 46). Demnach ist diese Aussage als zutreffend anzukreuzen.						
Mit dem Concept Cartoon kann die Lehrerin die Klasse durch die Auseinandersetzung mit den Vorstellungen zur aufgezeigten Problematik erstmal beschäftigen.	☒	☐	☐	☐	☐	☐
Erklärung zur Aussage in Item 5: Mit dem Einsatz eines Concept Cartoons werden die Lernenden nicht einfach nur im Sinne der Oberflächenstruktur beschäftigt. Vielmehr werden damit Ziele verfolgt, die eine vertiefte, kognitive Auseinandersetzung einschließen. Neben der Sichtbarmachung der Schülervorstellungen sollen diese bei der Arbeit mit Concept Cartoons aktiv ins Unterrichtsgeschehen eingebracht und weiterentwickelt werden (Steininger, 2017, S. 15). Eine „erstmalige Beschäftigung“ ist daher als unzutreffend anzukreuzen.						

Mit dem Concept Cartoon kann die Lehrerin ganz neue Vorstellungen der Schüler*innen zur Leitfähigkeit von Wasser aufdecken.	☐	☐	☐	☐	☐	☒
Erklärung zur Aussage in Item 6: Die leere Denkblase bietet den Lernenden die Möglichkeit, eigene Vermutungen und Interpretationen bezüglich der im Zentrum stehenden Fragestellung zu formulieren und in die Diskussion einzubringen. Auf diese Weise kann die Lehrkraft noch andere bestehende Schülervorstellungen identifizieren, die noch nicht in den Sprechblasen aufgeführt wurden (Naylor & Keogh, 2013, S. 4). Diese Aussage stimmt demnach.						
Mit dem Concept Cartoon präsentiert die Lehrerin bewusst Vorstellungen zur Leitfähigkeit die nur teilweise dem angemessenen Fachkonzept entsprechen.	☐	☐	☐	☐	☐	☒
Erklärung zur Aussage in Item 7: In den Sprechblasen werden neben wissenschaftlich akzeptierten ganz bewusst auch gängige, alternative Schülervorstellungen zu dem gezeigten Phänomen präsentiert (Lembens & Steininger, 2011, S. 28). Mit Aussagen die nur teilweise dem angemessenen Fachkonzept entsprechen, können einerseits die vorherrschen Hybridvorstellungen vieler Lernenden berücksichtigt und andererseits dargestellt werden, dass das Wesen der Wissenschaft alternative Standpunkte einschließt (Keogh & Naylor, 1999, S. 442). Demnach ist diese Aussage als zutreffend anzukreuzen.						

Abbildung 11.4. Auswertungsmanual zu den Antwortmöglichkeiten bei der Beispielvignette zum prozeduralen CDW.