The background of the page features a large, faint watermark of the seal of the University of Cologne. The seal is circular and contains several figures: a standing figure on the left holding a staff, a central figure with arms raised, a kneeling figure, and a seated figure on the right holding a child. The Latin text 'Coloniensis Universitas' is visible around the perimeter of the seal.

**Kompetenz- und Wissenschaftsorientierung
in Fachdidaktik, fachdidaktischer Forschung
und Ausbildung Lehramtsstudierender**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Virginia Deborah Elaine Welter, M. Sc.

aus Köln

Hinweis: Diese Dissertation wurde im Januar 2021 von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln angenommen.

Berichterstatter (Gutachter): J-Prof. Dr. Jörg Großschedl
Prof. Dr. Marcus Hammann
Prof. Dr. Matthias Wilde

Zur Begutachtung eingereicht: 31. Oktober 2020

Datum der Disputation: 07. Januar 2021

Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Dissertation wird beabsichtigt, einen relevanten Beitrag zur Identifikation anzustrebender Fortschritte in der Ausbildung angehender Lehrkräfte zu leisten. Einführend werden ausgewählte Desiderata bezüglich des Status quo von Ausbildung und Lernerfolg bundesdeutscher Schülerinnen und Schüler sowie Lehramtsstudierender aufgegriffen und vor dem Hintergrund eines konzeptuellen Klärungsversuchs des theoretischen Referenzkonstrukts der *Kompetenz* situiert. Anschließend folgt die Vorstellung dreier Forschungsprojekte, die sich – unter exemplarischer Betrachtung des Fachs Biologie und seiner Didaktik – der Bearbeitung jener desideraten Aspekte gewidmet haben. Im Rahmen des ersten Projekts gelang es – unter Herausarbeitung des Begriffs der *Kompetenzorientierung* hinsichtlich expliziter und impliziter Anforderungen an (angehende) Lehrkräfte – mittels durchgeführter universitärer Curriculumanalysen Defizite und anzustrebende Fortschritte vor allem in der fachdidaktischen Ausbildung Lehramtsstudierender deutlicher ins Auge zu fassen. Im Rahmen des zweiten Projekts konnte zudem die inkrementelle Effizienz der Studienfachkombination *Biologie/Chemie* aufgezeigt werden, wobei diese insbesondere Vorteile bezüglich der Entwicklung professionellen Wissens Lehramtsstudierender im Fach Biologie zu bieten scheint. Darüber hinaus wird durch solche Effizienzbefunde gleichermaßen deutlich, dass es entsprechender Messinstrumente bedarf, die sicherstellen, dass durch Ausbildungsmaßnahmen erzielte Leistungszugewinne Lehramtsstudierender objektiv, reliabel und valide erfasst sowie formativ evaluiert werden können. Mit diesem Ziel wurde im dritten Forschungsprojekt ein entsprechendes Testinventar zur Erfassung des biologiedidaktischen Wissens konzipiert und mehrstufig validiert. Die vorliegende Dissertation schließt mit einer resümierenden Diskussion des Zugewinns dieser drei Forschungsarbeiten und der Herausarbeitung zukünftiger Perspektiven.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Ausbildung und Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern	9
1.2	Kompetenzorientierung in der Lehramtsausbildung	10
1.3	Forschungstechnischer Zugang und Fragestellungen	12
2	Kompetenzorientierung: Wissen und Können von Schülerinnen und Schülern	16
2.1	Der Kompetenzbegriff	19
2.2	Kompetenzmodelle	20
2.3	Kompetenzmodell für das Fach Biologie	22
2.4	Überfachliche Bildungsaufgaben: Lebenskompetenzen	23
3	Ergebnisse	24
3.1	Kompetenzorientierung in universitären Curricula des Lehramtsstudiums im Fach Biologie	25
3.1.1	Kurzbeschreibung des Projekts	26
3.1.2	Ergebnisse der Curriculumanalyse	27
3.2	Zwei-Fächer-Synergien	29
3.2.1	Kurzbeschreibung des Projekts	31
3.2.2	Ergebnisse der <i>Synergie</i> -Studie	34
3.3	Erfassung und Evaluation fachdidaktischen Wissens	36
3.3.1	Kurzbeschreibung des Projekts	40
3.3.2	Ergebnisse der Entwicklung und Validierung des PCK-IBI	44
4	Diskussion	52
4.1	Studienspezifische Aspekte	52
4.2	Professionalisierung der Fachdidaktik	56
5	Ausblick	57
6	Fazit	62
	Literaturverzeichnis	63
	Danksagung	79
	Erklärung zur Verfügbarkeit von Primärdaten	82
	Erklärung zur Dissertation	83

1 Einleitung

Kompetenz- und Wissenschaftsorientierung innerhalb des institutionalisierten Bildungsgeschehens stehen spätestens seit den ersten für deutsche Schülerinnen und Schüler wenig vorteilhaft ausgefallenen Schulleistungsvergleichsstudien im Rahmen des *Programme for International Student Assessment* (PISA; Davoli & Entorf, 2018) im Fokus der fortgeschriebenen bildungstheoretischen Debatte. Auf unterschiedlichen Ebenen des deutschen Bildungssystems wurden im Rahmen einer evidenzbasierten *Kompetenzorientierung* schulischen Unterrichts wie auch der Lehramtsausbildung bereits Standards erarbeitet und Maßnahmen initiiert (Kultusministerkonferenz [KMK], 2004a, 2008, 2014a, 2014b, 2017, 2020), deren bisherige Umsetzung teils positive Wirkungen hinsichtlich des Lernerfolgs von Schülerinnen und Schülern zeigt, teils jedoch auch hinter damit verbundenen Erwartungen zurückbleibt (Anger et al., 2019; Davoli & Entorf, 2018; Winde & Schröder, 2019). Die zunehmend diskutierte Frage nach derlei allgemeinen wie spezifischen Kompetenzen, die von Schülerinnen und Schülern erworben werden sollten, findet ihr Pendant in der Frage nach den Kompetenzen der Lehrenden, deren kritische Relevanz für den Erfolg der Lernenden eindrucksvoll z. B. durch die Befunde von Hattie (2009) dokumentiert wird. Insbesondere vor dem Hintergrund aktueller gesamtgesellschaftlicher Herausforderungen, wie z. B. der COVID-19-Pandemie oder den spürbaren Folgen eines Klimawandels, ist mit Blick auf schulische und universitäre Ausbildung kritisch zu fragen, was einerseits Schülerinnen und Schüler wissen und können sollten, um in ihrer Zukunft relevante Entscheidungen treffen und geeignete Verhaltensoptionen wählen zu können, andererseits, welchen Beitrag zu deren Lernerfolg die Lehrenden und deren Ausbildung leisten resp. leisten können sollten (Brüggemann & Rahn, 2013; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2014). Implizit betreffen diese Fragen auch das Konzept der Wissenschaftsorientierung als umfassende Herausforderung auf sämtlichen Ebenen des Bildungssystems (Dittmer, 2010; KMK, 2004a, 2020). Wissenschaftsorientierung zielt darauf ab, für Lernende eine allen gemeinsame

Grundlage zu bereiten, die sie befähigt, gezielt, reflektiert und selbständig zu Wissen und Erkenntnissen zu gelangen, ihre Umwelt zu verstehen und zu erklären und die das menschliche Leben charakterisierenden Probleme individuell wie gesellschaftlich rational und konstruktiv aufarbeiten zu können (Hemmer, 1992). Unter Berücksichtigung eines Anspruchs auf zumindest auch wissenschaftlich begründbares berufliches wie alltägliches Handeln und Entscheiden, betrifft Wissenschaftsorientierung als didaktisches Konzept sowohl unter inhaltlichen als auch formalen Aspekten einerseits die professionelle universitäre Lehramtsausbildung und das professionelle schulische Handeln von Lehrkräften (z. B. Leuders, 2015; Prinz, 2019). Andererseits ist sie relevant für die Inhalte und die Gestaltung schulischen Unterrichts in Abhängigkeit von der Alters- bzw. Bezugsgruppe der Lernenden, sofern relevante wissenschaftliche Erkenntnisse zur Verfügung stehen bzw. die Bemühung um wissenschaftliche Grundlegungen möglich und sinnvoll sind. Auf den Ebenen pädagogischer und didaktischer Entscheidungen wie auch unterrichtlicher Gestaltungen kann Wissenschaftsorientierung mithin bedeuten, sowohl die Lehramtsausbildung als auch Schule und Unterricht unter Bezug auf wissenschaftliche Erkenntnisse zu gestalten, die Auswirkungen dieser Erkenntnisse und relevanter wissenschaftlicher Methoden zu reflektieren und dabei stets auch den Zusammenhang von Wissen und Verantwortung zu thematisieren und erfahrbar zu machen (z. B. Ambühl & Stadelmann, 2011).

Ausgehend von einer Wirkungskette zwischen der Qualität der Ausbildung Lehrender, der Effektivität ihrer darauf aufbauenden Unterrichtsgestaltung und dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern (Gräsel & Göbel, 2015; Gröschner & Seidel, 2015; Helmke, 2007; Rothland et al., 2016; Schwippert, 2015; Terhart, 2012) ist der Anlass der im Rahmen der vorliegenden Dissertation vorgestellten Forschungsprojekte eine Abfolge von drei offenen Fragen. Diese betreffen nicht nur eine Analyse des Status quo der Ausbildung Lehramtsstudierender hinsichtlich eines potentiellen Implementierungsdefizits initiiertem curricularer Anpassungen, sondern auch den thematisch-inhaltlichen Bereich derlei

kompetenzorientierter Maßnahmen wie auch die Möglichkeiten einer korrespondierenden evaluativen Erfolgsmessung auf Personenebene. Beantwortet werden diese Fragen exemplarisch für den Bereich der Biologie und ihrer Didaktik, welche als Disziplin angesichts der angesprochenen gesellschaftlich und wirtschaftlich zunehmend drängender werdenden Fragen des Umwelt- und Klimaschutzes oder der Gesundheitsbildung einen thematisch bedeutsamen Beitrag zur Ausbildung entsprechend erforderlicher lebensweltlicher Kompetenzen Lernender leisten kann (KMK, 2004a, 2005, 2008, 2020).

Didaktik im Allgemeinen befasst sich im Wesentlichen mit der Frage, was es – in Perspektive auf Fach, Lernende und Gesellschaft – ‚wert‘ ist, gelernt zu werden und was mit unterschiedlichen Fähigkeiten bzw. in unterschiedlichen Altersstufen in schulischem Unterricht mit welchen Methoden gelernt werden kann (Duit, 2015; Fischler, 2011; Raithel et al., 2009). Die Biologiedidaktik wie die biologiedidaktische Erforschung von Lehr- und Lernprozessen orientieren sich dementsprechend sowohl an der Biologie als Fachwissenschaft als auch an relevanten Inhalten und Methoden der Psychologie, Pädagogik und Erziehungswissenschaft. Eine fortlaufend neue Herausforderung für die biologiedidaktische Forschung besteht in der Identifikation und dem Verständnis erfolgskritischer Momente innerhalb von Lehr- und Lernprozessen im Schulfach Biologie, um praxisorientierten Aufschluss darüber zu gewinnen, wie Schülerinnen und Schüler Biologie lernen und wie und unter welchen Voraussetzungen biologische Fragestellungen und Inhalte mit größtmöglichem Erfolg für die Lernenden unterrichtlich präsentiert werden können (Gericke & Ottander, 2016; Jiménez-Aleixandre, 2016; Leuders, 2015; Parchmann, 2013; Schecker et al., 2014, 2018). Entsprechende Forschungsbemühungen schließen in der Folge sowohl Curriculumrevisionen als auch die Anpassung der aktuellen Ausbildung Lehramtsstudierender sowie Unterstützung für Lehrende durch evidenzbasierte methodisch-didaktische Handreichungen ein (Waarlo, 2016). Konkret ist in diesem Zusammenhang insbesondere zu fragen, wie Lehrende im Verlauf ihrer – auch bereits universitären – Ausbildung inhaltlich und methodisch zu befähigen sind, korrespondierende

Anforderungen produktiv aufnehmen und umsetzen zu können, um eine gelingende kompetenzorientierte Integration entsprechender Themen in den schulischen Biologieunterricht sicherzustellen.

Vor dem Hintergrund dieser allgemeinen Zielsetzung konnten am Institut für Biologiedidaktik der Universität zu Köln im Rahmen dreier Forschungsprojekte substantielle Erkenntnisse gewonnen werden, welche nachfolgend vorgestellt werden. Ausgehend von einem orientierenden Blick auf die Ausbildung und den Lernerfolg bundesdeutscher Schülerinnen und Schüler (Kap. 1.1) sowie den Status quo der Lehramtsausbildung (Kap. 1.2), werden die gewählten forschungstechnischen Zugänge und Fragestellungen der drei Projekte überblicksartig präsentiert (Kap. 1.3) sowie das unterrichts- wie ausbildungspraktisch relevante theoretische Referenzkonstrukt der *Kompetenz* (KMK, 2004a, 2005, 2008, 2020) diskutiert (Kap. 2). Kapitel 3.1 referiert zentrale Befunde eines Beitrags im *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (Cramer et al., 2020) mit Fokus auf eine überblicksartige Synopse und numerische Vergleichsanalyse der Inhalte universitärer Curricula des Lehramtsstudiums im Fach Biologie. Es folgt eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse einer *Synergie-*Studie zur möglichen Optimierung kompetenzorientierter curricularer Ansätze der universitären Lehramtsausbildung durch das Potential einer Studienfach-Kombination *Biologie/Chemie* (Kap. 3.2). Schließlich wird im Kapitel 3.3 ein – in methodischer Konsequenz erforderliches – evaluatives Testinstrument in Form des neu konzipierten und validierten *Pedagogical Content Knowledge in Biology Inventory* (PCK-IBI) einführend vorgestellt. Das Inventar ermöglicht eine objektive, reliable, valide und veränderungssensible Erfassung des fachdidaktischen Wissens Lehramtsstudierender im Fach Biologie, um beispielsweise durch bestimmte Ausbildungsmaßnahmen initiierte Lernentwicklungen quantifizieren zu können. Nach einer zusammenfassenden Diskussion des Zugewinns dieser drei Forschungsprojekte (Kap. 4), folgt ein perspektivischer Ausblick auf weitere Herausforderungen (Kap. 5) sowie ein abschließendes Fazit (Kap. 6).

1.1 Ausbildung und Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern

Die öffentliche Diskussion sowohl über die Qualität schulischen Unterrichts als auch der Lehramtsausbildung in Deutschland hat spätestens seit der Konstatierung einer „deutsche[n] Bildungskatastrophe“ (Picht, 1964) an Dynamik gewonnen. Eine Aktualisierung erfuhr diese Debatte im Jahr 2001 durch den sog. *PISA-Schock* als semantischen Marker für internationale Schulleistungsuntersuchungen, die erstmals größere Defizite des bundesdeutschen Bildungssystems bzgl. des Kompetenzerwerbs seiner Schülerinnen und Schüler quantifiziert haben (Artelt et al., 2001; Barz, 2012; Davoli & Entorf, 2018). Eine nachhaltige Reaktion auf diese Ergebnisse war die Implementierung regelmäßiger Bildungsmonitorings und die verbindliche Formulierung von Bildungsstandards und kompetenzorientierten Leistungsanforderungen in schulischem Unterricht und der Lehramtsausbildung durch die KMK (2004a, 2005, 2008, 2014a, 2014b, 2017, 2020).

Die im Rahmen aktueller Schulleistungsuntersuchungen veröffentlichten Daten zeigen zwar, dass die Werte der Leistungsindizes deutscher Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich zwischenzeitlich leicht angestiegen sind, jedoch bestenfalls im Mittelfeld liegen (Anger et al., 2019; Davoli & Entorf, 2018). Auch Wirtschaftsvertreter beklagen ein – aus ihrer Sicht – bedenkliches Zurückbleiben der Effekte des deutschen Bildungssystems hinter bestehenden Notwendigkeiten und formulierten entsprechende berufskompetenzbezogene Erwartungen (Anger et al., 2019; Winde & Schröder, 2019).

Ob der aktuelle Mittelfeld-Status quo darauf zu attribuieren ist, dass die Kompetenzorientierung als bildungswissenschaftliches Gesamtkonzept zur Optimierung evtl. nicht in jeder Hinsicht zufriedenstellen kann oder ob dieses bildungspolitische Steuerungsinstrument bislang ggf. lediglich suboptimal in die schulische Organisation und/oder Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern implementiert wurde, sind aktuell unbeantwortete Fragen. Mithin sind drei mögliche Ansätze zur Ursachen- und potentiellen Optimierungsforschung benannt. Aus Perspektive der Fachdidaktik und der fachdidaktischen

Forschung steht sachgerecht die Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern als entscheidenden Wirkfaktoren gelingenden schulischen Unterrichts (Hattie, 2009; Lipowsky, 2006) im Fokus der Aufmerksamkeit, sodass im Rahmen der vorliegenden Dissertation eine analoge Schwerpunktsetzung bzgl. dieses Ansatzes vorgenommen wird.

1.2 Kompetenzorientierung in der Lehramtsausbildung

Bereits im Jahre 1996 konnten Sanders und Rivers und später Hattie (2009) mit einer umfassenden Metaanalyse aufzeigen, dass die entscheidende Wirkungskomponente auf den Lernerfolg einzelner Schülerinnen und Schüler von der professionellen Kompetenz der Lehrkraft ausgeht. Das heißt, *gute Lehrkräfte* ermöglichen ihren Schülerinnen und Schülern, *gut zu lernen* – und zwar unabhängig von der Schulform oder anderen Strukturmerkmalen des Bildungssystems und der Lernumwelt, wie z. B. der Klassengröße und -zusammensetzung, der Ausstattung o. ä. Besondere Relevanz hat dieses Qualitätsmerkmal der *guten Lehrkraft* für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler oder solche mit niedrigem sozialem Status, also Lernende aus einkommensschwachen oder bildungsfernen Elternhäusern. Gerade für diese Lernenden kann eine Durchlässigkeit sozialer Schichtungen durch die unterrichtlichen Kompetenzen der Lehrenden realisiert werden (Hattie, 2009).

Ein zentraler Inhaltsbereich der professionellen Kompetenz von Lehrkräften ist deren professionelles Wissen, dessen Konzeptualisierung einem grundlegend akzeptierten Ansatz von Shulman (1986, 1987, 1998, 2015) folgt. Dieses – auch im deutschsprachigen Raum dominierende – Konzept differenziert das professionelle Wissen Lehrender in drei unterscheidbare, wenngleich aufeinander bezogene Domänen (Bromme, 1992; Shulman, 1986, 1987, 1998, 2015):

- (1) Fachwissen (*subject matter knowledge* [SMK] bzw. *content knowledge* [CK]) bezeichnet das fundierte Wissen und vertiefte Verständnis der zu unterrichtenden Disziplin, das

Lehrkräfte zur erfolgreichen Durchführung von Fachunterricht sowie der adäquaten Steuerung von Lernprozessen benötigen.

- (2) Pädagogisch-psychologisches Wissen (*pedagogical/psychological knowledge* [PPK]) gilt als inhaltsunspezifisch und damit fächerübergreifend und bezieht sich auf Wissen über Lernen und Lernende, allgemeine Unterrichtsprinzipien und Unterrichtsmanagement, Ziele und Zwecke von Erziehung, pädagogische Prinzipien sowie Lern- und Entwicklungsverläufe.
- (3) Fachdidaktisches Wissen (*pedagogical content knowledge* [PCK]) schließlich konstituiert sich durch eine zielgerichtete Aufarbeitung (im Sinne einer Umstrukturierung und/oder Neukonstruktion) thematischer Fachwissensbestände (SMK-/CK-Domäne), um sie effektiv und flexibel so unterrichtlich einbringen zu können, dass der Inhalt den Lernenden einseitig-verständlich werden kann. Diese Domäne beinhaltet z. B. Wissen über konzeptuelle Vorstellungen von Lernenden oder spezifische Instruktionsstrategien.

Über dieses fachliche und unterrichtliche Wissen und Können hinaus werden von professionellen Lehrkräften zudem spezifische affektive, motivationale, volitionale und einstellungsbezogene Eigenschaften und Fähigkeiten erwartet, die es ihnen ermöglichen, auf Grundlage ihres Interesses an ihrem Fach und der Gestaltung von Unterricht auf Schülerinnen und Schüler individuell einzugehen, Unterricht effizient zu organisieren und die Aktivität der Lernenden zu motivieren (Fend, 2008; Reichhart, 2018; Schaper, 2009).

Dieses Bild *guter Lehrkräfte* kollidiert allerdings in mancherlei Hinsicht mit aktuellen Erkenntnissen der Bildungsforschung. Beispielsweise haben Winde und Schröder den Hochschul-Bildungsreport 2014 mit „Schwerpunkt: Lehrerbildung“ (S. 1) unterteilt und festgestellt, dass das Lehramtsstudium im Hochschul-Bildungsindex das Schlusslicht darstellt und dass mehr als die Hälfte der Lehramtsstudierenden unzufrieden mit ihrer Betreuung und dem Praxisbezug des Studiums ist. Außerdem stellten die Autoren heraus, dass der Lehrer*innen-Beruf bei Abiturientinnen und Abiturienten zwar zu den angeseheneren Berufen

gehört, von leistungsstarken Schülerinnen und Schülern aber seltener bevorzugt wird, weil es aus ihrer Sicht an Karrierechancen und flexiblem Beschäftigungspotential fehlt (Winde & Schröder, 2014). Reichl et al. (2014) konnten darüber hinaus aufzeigen, dass das Lehramtsstudium häufig nur deshalb gewählt wird, weil es sich um einen Studiengang mit vermeintlich geringen Anforderungen handelt. Bei solcher perspektivisch randständig anmutender Berufsmotivation existiert zudem ein gesicherter Zusammenhang mit ineffizienten Stressbewältigungsstrategien, der Prävalenz von Burnout-Erkrankungen und insgesamt auch geringerem Berufserfolg (McLean & Taylor, 2019; Rothland, 2013; Schüle et al., 2014).

Ein möglicher Ansatzpunkt für Veränderungen dieses Status quo ist eine intensiviertere Förderung der von der KMK formulierten Kompetenzen (KMK, 2008, 2014a, 2014b, 2017), die von Lehrkräften im Verlauf ihrer Ausbildung zu erwerben sind und die es ihnen ermöglichen sollen, spezifisch die für Lernende relevanten Kompetenzbereiche unterrichtlich aufzugreifen und effektiv zu fördern (Rhode-Jüchtern, 2010). Die korrespondierende inhaltliche, aber auch die methodische Anpassung der Lehramtsstudiengänge an die von Schülerinnen und Schülern fachspezifisch zu erwerbenden Kompetenzen ist eine langfristige Herausforderung, der sich auch die Fachdidaktik zu stellen hat. Eine dahingehende Vergleichbarkeit in evaluationsrelevanten Aspekten ist jedoch bisweilen nicht unproblematisch, da ausgeprägte interuniversitäre Variabilität, texthermeneutisch eher offene Vorgaben der KMK und zudem eine wenig eindeutige Äquivalenz in Inhalten von Kompetenzen und entsprechenden Modellen dominieren (Frister, 2018; Oelkers, 2009, 2017; Schreiber & Zabold, 2015). Hierzu stellte Terhart (2014) kritisch fest: „Die Standards sind sehr bekannt, aber die Lehrerbildung ist keineswegs im buchstäblichen Sinne standardisiert“ (S. 307).

1.3 Forschungstechnischer Zugang und Fragestellungen

Neben den zum Ende des vorherigen Kapitels angesprochenen konzeptuellen fachdidaktischen Herausforderungen kommen – sowohl in Bezug auf Lernende als auch

Lehrende – einerseits der Operationalisierung und Erfassung erwarteter Kompetenzen, andererseits der Erarbeitung evidenzbasierter Handreichungen zur Unterrichtsentwicklung besondere praktische Relevanz zu. Hinsichtlich der Bandbreite korrespondierender Forschungsaufgaben zu diesem anspruchsvollen und durch Desiderata geprägten Bereich zielen die drei in der vorliegenden Dissertation vorgestellten Projekte darauf ab, einen substantiellen Beitrag zur Identifikation von Defiziten und anzustrebenden Fortschritten in der Fachdidaktik und der fachdidaktischen Ausbildung Lehramtsstudierender zu leisten. Ihre thematischen Orientierungen greifen einzelne Aspekte identifizierter Desiderata auf und führen von einem konzeptuellen Klärungsversuch und der Beobachtung des Status quo der Lehramtsausbildung im Fach Biologie über einen Ansatz zur potentiellen Optimierung dieser Ausbildung hin zur Entwicklung eines geeigneten Testinstruments zur Erfassung der von Lehramtsstudierenden erworbenen fachdidaktischen Kompetenzen.

Bezogen auf die forschungsmethodische Umsetzung dieser noch eher allgemeinen Aufgabenstellungen lässt sich zunächst feststellen, dass kompetenzorientierte Unterrichtsziele ein Anforderungsprofil für Lehrkräfte implizieren, welches wiederum gewisse Erfordernisse im Bereich der hochschuldidaktischen pädagogischen Konzepte der Lehramtsausbildung bedingt. Eine entsprechende Beschreibung zentraler Inhaltsbereiche der Qualifikation angehender Biologielehrkräfte findet sich in den 2008 im Konsens verabschiedeten fachdidaktischen Standards der Bildungspolitik (KMK). Bezogen auf Lehrende in der universitären Professionalisierung sowie im Vorbereitungs- und Schuldienst wäre die Entwicklung und Erprobung optimaler Aus- und Weiterbildungsprogramme eine systematische Konsequenz. Zum Status quo einer diesbezüglich bereits erfolgten Umsetzung fachdidaktischer Standards fehlen jedoch bislang valide allgemeine sowie biologiespezifische Vorbefunde. Entsprechend bestand das Ziel des ersten hier vorgestellten Projekts in einer Curriculumanalyse universitärer Lehramtsstudiengänge im Fach Biologie, um zunächst quantifizieren zu können, inwieweit fachdidaktische Standards für das Lehramt an Gymnasien/Gesamtschulen an $N = 10$

repräsentativen bundesdeutschen Universitäten umgesetzt werden, und anschließend evtl. spezifisches Optimierungspotential zu identifizieren.

Ein möglicher übergreifender Optimierungsansatz erwächst beispielsweise aus dem mehrfachen Nachweis der lernerfolgs- und motivationsbezogenen Wirksamkeit des didaktischen Konzepts des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. Busch, 2016; Gebhard et al., 2017; Labudde & Möller, 2012; Rehm et al., 2008). Insbesondere im Hinblick auf eine Vernetzung fachlicher und fachdidaktischer Ausbildungsmomente speziell im naturwissenschaftlich orientierten Lehramtsstudium und seiner Hochschuldidaktik ergibt sich ein Anlass zur Diskussion funktionaler Aspekte spezifischer Fächerkombinationen. In einer Studie von Blömeke et al. (2012) zur Kombination des Fachs Mathematik entweder mit einem naturwissenschaftlichen oder aber einem nicht-naturwissenschaftlichen Fach schien die Wahl des Zweitfachs zwar keinen signifikanten Einfluss auf die Kompetenzentwicklung in der Lehramtsausbildung zu haben, allerdings wiesen die Autorinnen und Autoren auf designbedingte Einschränkungen sowie die Spezifität des Fachs Mathematik mit der Folge von Varianzunterdrückung hin. Grundsätzlich fehlen mithin valide allgemeine sowie biologiespezifische Vorbefunde zu Effekten spezifischer Zweitfachwahlen. Entsprechend lag das Ziel des zweiten Projekts in einer explorativen Untersuchung zur Frage nach einem potentiell relevanten Zusammenhang zwischen dem gewählten Zweitfach und Aspekten professioneller Kompetenz angehender Biologielehrkräfte.

Dieses Ziel ist unmittelbar verbunden mit der Notwendigkeit, die professionelle Kompetenz (angehender) Lehrender objektiv, valide, reliabel und veränderungssensitiv erfassen und beurteilen zu können. Eine in der Forschung weitgehend akzeptierte Diskussionsgrundlage ist das im vorherigen Kapitel 1.2 vorgestellte Modell professionellen Wissens von Lehrkräften, das die Domänen *Fachwissen* (SMK/CK), *pädagogisch-psychologisches Wissen* (PPK) und *fachdidaktisches Wissen* (PCK) umfasst (Bromme, 1992; Shulman, 1986, 1987, 1998, 2015). Die Bedeutung dieses professionellen Wissens von

Lehrkräften für die Unterrichtsqualität und für den Erfolg Lernender ist vielfach empirisch gestützt (z. B. Kunter & Voss, 2011; Schmelzing et al., 2013; Shulman, 2015; van Driel & Berry, 2010). Uneinigkeit besteht jedoch dahingehend, ob PCK eine eigenständige Domäne oder lediglich ein Konglomerat aus SMK/CK, PPK und kontextuellem Wissen ist. Auch besteht noch wenig Klarheit darüber, wie und unter welchen Bedingungen sich professionelles Wissen angehender Lehrkräfte im Studium entwickelt. Groß angelegte Studien zur Faktorstruktur professionellen Wissens liegen vorwiegend für das Fach Mathematik vor (z. B. Kunter & Voss, 2011; Schmelzing et al., 2013). Sowohl im Rahmen der *Teacher Education and Development Study: Learning to Teach Mathematics* (TEDS-M; Blömeke & Kaiser, 2014; Blömeke & König, 2010) als auch in den Projekten *Mathematics Teaching in the 21st Century* (MT21; Schmidt et al., 2011) und *Kognitiv-aktivierender Unterricht* (COAKTIV; Baumert & Kunter, 2011; Kunter & Voss, 2011) konnten mathematisches und mathematikdidaktisches Wissen als zusammenhängende, aber dennoch unterscheidbare Konstrukte reliabel erfasst werden. Biologiespezifische Vorbefunde zur Faktorstruktur professionellen Wissens verdanken sich maßgeblich einer Studie von Großschedl et al. (2015), die drei unterscheidbare Faktoren SMK/CK, PPK und PCK erbrachte, wobei Korrelationen von $r = .68$ zwischen SMK/CK und PCK und $r = .35$ zwischen PPK und PCK aufgezeigt wurden. Hieran anknüpfend lag das Ziel des dritten vorgestellten Projekts in der Entwicklung des Testinstruments PCK-IBI zur objektiven, reliablen, validen und veränderungssensitiven Erfassung fachdidaktischen Wissens Lehramtsstudierender im Fach Biologie.

Eine Synopse der drei hier vorgestellten Arbeiten lässt sich in den folgenden Fragestellungen verdichten:

- (1) Welche konkreten Defizite und anzustrebenden Fortschritte/Optimierungsziele in der Biologiedidaktik sowie der biologiedidaktischen Lehramtsausbildung lassen sich im Hinblick auf eine von der KMK geforderte Kompetenzorientierung herausarbeiten?

- (2) Lässt sich in Bezug auf die professionelle Kompetenz angehender Lehrkräfte systematisch inkrementelle Effizienz für die Kombination der Studienfächer Biologie und Chemie aufzeigen und derart eine interdisziplinäre ausbildungsmodulare Empfehlung aussprechen?
- (3) Inwieweit gelingt die Entwicklung eines objektiven, reliablen und validen Messinstruments, um sicherzustellen, dass durch Ausbildungsmaßnahmen erzielte Leistungszugewinne Studierender hinsichtlich ihres professionellen fachdidaktischen Wissens formativ evaluiert werden können, um weitere Optimierungsansätze für die Lehramtsausbildung in Biologie identifizieren zu können?

2 Kompetenzorientierung: Wissen und Können von Schülerinnen und Schülern

Der theoretische wie auch unterrichtspraktische Hintergrund sowohl der bisherigen Darstellung als auch aller drei hier vorgestellten Forschungsprojekte ist das Konstrukt der *Kompetenz*, welches ebenso eine entsprechende *Wissenschaftsorientierung* einschließt (Dittmer, 2010; KMK, 2004a, 2020). Sein Weg in die pädagogische und didaktische Diskussion wird nachfolgend kursorisch dargestellt.

Ein perspektivisches Ziel fachdidaktischer Forschung und schulischen Unterrichts in den allgemeinen wissenschaftlichen Erkenntnisweisen ist auch wissenschaftspropädeutischer Natur. Konkret ist hiermit der Lernerfolg resp. die Kompetenzentwicklung Lernender im Kontext der ihnen unterrichtlich präsentierten fachlichen Inhalte, Anforderungen, Aufgaben und lebensweltlichen Relevanzen angesprochen (KMK, 2004a, 2020; Olbertz, 1998). Das bedeutet in schulischer Hinsicht einerseits den vorbereitenden Erwerb wissenschaftlicher Fertigkeiten im Hinblick auf z. B. ein späteres universitäres Studium. Andererseits betrifft dieses Ziel durch Lehrkräfte zu vermittelnde und von Lernenden aktiv zu erarbeitende wissenschaftliche Bildung bzw. Kenntnisse, von denen erwartet wird, dass sie wissenschaftlich verfügbare Einblicke in die menschliche Lebenswelt und das Treffen überlegter und begründeter Entscheidungen ermöglichen. Derlei Entscheidungen in persönlichen, beruflichen,

politischen und sozialen Angelegenheiten berücksichtigen idealerweise relevante wissenschaftliche Erkenntnisse und/oder stellen das Ergebnis des eigenen systematischen, wissenschaftlichen Analysierens und Vorgehens bei der Entscheidungsfindung und Verhaltensplanung dar (Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, 2015; Pioch, 2019; Reusser, 2014; Wullschleger & Birri, 2014). Der gesellschaftliche Stellenwert solcher Bemühungen ist insofern unmittelbar evident, als wissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse Vorhersagen von Ereignissen und damit von erwartbaren Verhaltens- und Handlungsfolgen ermöglichen. Das hiermit verbundene Ordnungs-, Verständnis- und Kontrollpotential wissenschaftlicher Erkenntnisse wirkt sich in sämtlichen gesellschaftlichen Verhältnissen aus und beeinflusst den menschlichen Lebensalltag tiefgreifend (Gebhard et al., 2017; Jaeger, 2015; Roepke, 2001). Bereits die allgegenwärtige Präsenz neuer technischer Errungenschaften mitsamt ihren immer deutlicher werdenden – auch sozialen – Folge(schäde)n (Kogge, 2001; Voulvoulis & Burgman, 2019) erfordert ein Verständnis sowohl ihrer Prinzipien und ihres Potentials als auch der Nachteile ihrer Nutzung.

Soll Wissenschaft als Mittel der Kontrolle jedoch selbst kontrolliert werden resp. kontrollierbar bleiben, erscheint es aus pädagogischer wie didaktischer Perspektive zumindest plausibel, sowohl ein angemessenes Verständnis der Prinzipien wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in allen Bereichen von Erziehung und Ausbildung anzustreben als auch ihre Möglichkeiten in diesen Bereichen zu nutzen (z. B. Dettmering et al., 1991; Dittmer, 2010; Hemmer, 1992). Aus dieser didaktischen Perspektive der lebensweltlichen Relevanz von Wissenschaft bedeutet Wissenschaftsorientierung mithin weit mehr als die Vermittlung propädeutischer Kenntnisse und aktueller wissenschaftlicher Annahmen. Sie erfordert vor allem und zumindest die Grundlegung einer situationspezifischen Urteilskraft, wann, in welcher Hinsicht und in welchem Ausmaß ein Rekurs auf wissenschaftliches Vorgehen und wissenschaftlich gewonnene Erkenntnisse praktisch vernünftig, d. h. auch verantwortungsbewusst ist (Battisti, 1979; Frazer & Kornhauser, 1986; Mittelstraß, 2013;

Wilhelm, 2012). Ein Verständnis für die Erklärungskraft wie auch für die Grenzen wissenschaftlich gewonnener Erkenntnis und für die mit dem wissenschaftlichen Procedere und seinen Ergebnissen verbundenen Unsicherheiten und Widersprüchlichkeiten sind – gerade jenseits von und im Gegensatz zu *Wissenschaftsgläubigkeit* – die Grundlage für ein Vertrauen in wissenschaftlich begründete Aussagen und daraus ableitbare Handlungs- und Verhaltensoptionen (z. B. Sander, 2009). In diesem Sinne schließt der pädagogisch-didaktische Ansatz der Wissenschaftsorientierung unmittelbar die Konzepte *Nature of Science* und *Scientific Literacy* ein (z. B. Ertl, 2010; Gebhard et al., 2017).

Auch das für Lernende relevante biologiespezifische lebensweltliche Reflexionspotential bedarf – bezogen auf die Ausbildung Lehrender wie auch auf das schulische Lernen – einer grundlegenden Wissenschaftsorientierung. Als ein zentraler Aspekt dieser Wissenschaftsorientierung kann sicherlich die Betonung von Empirie im Sinne systematisch analysierter Erfahrung herausgestellt werden (z. B. Gebhard et al., 2017). Ein derart aufgeklärtes Selbstverständnis und Sinnverstehen von Lernenden kann durch eine reflektierte Auseinandersetzung mit den wissenschaftlichen Inhalten der Biologie fundiert gefördert werden, sofern ermöglicht wird, jene Inhalte und ihre Relevanz zu erfassen und wissenschaftliche Aussagen und ihre Genese zunehmend selbständig nachzuvollziehen und zu bewerten (KMK, 2004a, 2020). Erst die individuelle Verfügbarkeit entsprechender Kompetenzen kann die Wahrscheinlichkeit erhöhen, in spezifischen privaten, beruflichen, politischen und sozialen Bereichen begründete Entscheidungen zu treffen und bestimmte (z. B. nachhaltige, umwelt- oder gesundheitsbewusste) Verhaltensweisen gegenüber anderen zu bevorzugen (KMK, 2015, 2016).

Eine in diesem Ziel auch erkennbare, eher emanzipatorisch-aufklärerische Intention ist allerdings durch rein fachliche Aspekte des schulischen Biologieunterrichts sicherlich nicht hinreichend realisierbar. Entsprechend müssen – in didaktisch orientierter Motivation – z. B. auch psychologische und soziologische Elemente integriert werden, die eine entsprechende

Behandlung von überfachlichen Themen- und Kompetenzbereichen, wie z. B. *Gesundheit, Ernährung, Substanzkonsum, Sexualität, Umwelt- und Artenschutz* oder *Nachhaltigkeit*, erlauben (Lersch, 2010; Rohlf's et al., 2014; Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, 2015). Mit diesen Zielvorstellungen sind unmittelbar Erwartungen an schulischen Unterricht verbunden, die von der KMK (2004a) für das Fach Biologie als die zu erwerbenden Kompetenzbereiche *Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation* festgelegt wurden.

2.1 Der Kompetenzbegriff

Die durch die KMK (2004a) anvisierte *Kompetenzorientierung* stellt im Rahmen der Bildungsstandards möglichst genau messbare Verhaltensmerkmale in den Vordergrund, die Lernende im Unterricht erwerben sollen, um so auf die festgestellten Defizite zu reagieren, die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung entsprechender Testaufgaben in internationalen Vergleichsstudien gezeigt haben (Klieme et al., 2010).

Kompetenz ist ein lernpsychologisches Konzept, dessen aktuelles Verständnis von einer pädagogisch-psychologischen Minimaldefinition dominiert wird, die auf Weinert (2001) zurückgeht und in der Kompetenzforschung als *größtes gemeinschaftliches Vielfaches* gilt (Erpenbeck et al., 2017; Faas et al., 2014; Zaiser, 2018). Dieser Definition gemäß sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösung in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27 f.). Kompetenzen bezeichnen mithin zunächst spezifische Dispositionen, d. h. Verhaltensbereitschaften, welche derart als latente Konstrukte nicht empirisch messbar sind (Erpenbeck et al., 2017; Lazarides & Mohr, 2016). Ihre Operationalisierung erfolgt deshalb über korrespondierende Performanz, d. h. Handlungen, von denen angenommen werden kann,

dass sich in ihnen eine zugrunde liegende Kompetenz valide zum Ausdruck bringt, z. B. die korrekte Lösung einer Aufgabe oder die gelingende Durchführung eines Experiments. Diese manifeste Verhaltenskomponente wiederum kann dann als Ausdruck des Ausmaßes zugrundeliegender Kompetenz interpretiert werden (Münzer, 2016).

2.2 Kompetenzmodelle

Kognitionspsychologisch impliziert das Wirksamwerden einer Kompetenz in einer konkreten Anforderungssituation mehr oder weniger umfassende und komplexe mentale Problemlöseprozesse, deren aktuelles wissenschaftliches Verständnis noch manche Frage offenlässt (Erpenbeck et al., 2017). Von diesen Problemlöseprozessen muss zudem bislang vereinfachend angenommen werden, dass sich konstitutive Sub-/Teil-Kompetenzen angesichts einer gegebenen Anforderung selbstregulierend ergänzen (Bernholt et al., 2009). Umgekehrt wird erwartet, dass ausgehend von einer Kompetenz spezifische Aufgabenstellungen und Testsituationen entwickelt werden können, um empirisch auf Vorliegen und Ausmaß der zur erfolgreichen Aufgabenbewältigung erforderlichen Kompetenz(en) zurückschließen zu können (Erpenbeck et al., 2017; Kaufhold, 2006; Sloane & Dilger, 2005). Ist ein solcher Kompetenznachweis valide durchführbar, wird hiermit – als *Outcome* der kompetenzorientiert konzipierten vorausgegangenen Lernprozesse – ein skaliertes Leistungsstand indiziert. Dieser wird wiederum erst vor dem Hintergrund des zugrundeliegenden Kompetenzmodells, das zentrale Wissens- und Könnens-Elemente des jeweiligen Lernbereichs aufschlüsselt, interpretierbar (Münzer, 2016). Aussagen darüber, wie ein spezifischer Leistungsstand im Sinne einer Kompetenzstufe erreicht wurde und wie Übergänge zwischen angenommenen Stufen möglich sind, impliziert ein solcher Index jedoch nicht (Dietzen et al., 2010; Münzer, 2016; Zlatkin-Troitschanskaia & Seidel, 2011).

In Bezug auf eine bestimmte Aufgabe/Anforderung kompetent zu sein, also über mit dieser Aufgabe kompatible (Sub-)Kompetenz(en) zu verfügen, bedeutet für die Betroffenen

den Erwerb resp. die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, die auf vergleichbare Anforderungssituationen transferiert werden können (Grunert, 2012; Klieme et al., 2003; Rekus, 2007). Zur Konkretisierung von Bildungszielen in Form der Kompetenzen identifizieren Bildungsstandards als basal eingeschätzte Elemente einer Lernentwicklung bzgl. eines spezifischen Lernbereichs, anstatt hierzu inhaltliche Themen-Vorgaben im Kontext von Curricula und Rahmenrichtlinien zu spezifizieren (Kaufhold, 2006; Klieme et al., 2003; Sloane & Dilger, 2005; Uhl, 2006; Winther, 2018). Insofern ist es zu verstehen, dass Kompetenzen als kontextspezifische Leistungsdispositionen Komplemente elementarer Verhaltensanforderungen in einem bestimmten Lernbereich mit seinen spezifischen Situationen und Anforderungen darstellen (Faas et al., 2014). Bei einer konkreten Unterrichtsplanung wird der Blick deshalb gewendet „von der Frage ‚Was sollen Lernende *wissen*?‘ hin zu [...] ‚Was sollen Lernende *können*?““ (Ufert, 2015, S. 23). Von entsprechenden Könnens-Formulierungen werden zwar auch traditionelle Unterrichtsentwürfe getragen, dies jedoch in Verfolgung der zunächst inhaltlich dominierten Vorgaben. Bildungsstandards gehen hingegen von Könnens-Vorgaben/Kompetenzen aus, von denen erwartet wird, dass Lernende sie bis zu einer bestimmten alters- oder jahrgangsstufenbezogenen Entwicklungsstufe erreichen und die im Ausmaß ihres Erwerbs zu erfassen sind (Köller, 2018). Klieme et al. (2003) wie die KMK (2005) gehen hierbei von spezifischen Kompetenzen in unterschiedlichen Domänen aus, was bedeutet, dass für unterschiedliche Schulfächer resp. Lernbereiche entsprechend spezifische Kompetenzmodelle zu entwickeln sind. Diese sollen das für einen Lernbereich spezifische zentrale Wissen und Können beschreiben, welches wiederum unterrichtsbezogen in adäquat aufeinander aufbauenden Lernschritten entwickelt wird. Ein Kompetenzmodell präzisiert demnach die Merkmale einer Kompetenz durch deren Strukturierung in Dimensionen, die als Teil-/Sub-Kompetenzen firmieren, und die Gliederung in Niveaus/Entwicklungsstufen (Münzer, 2016; Straube, 2015; Abb. 1). Auf Basis eines solchen Kompetenzmodells sollen dann schließlich Aufgaben und Tests entwickelt werden, um die Erreichung der Bildungsstandards

zu überprüfen, Anhaltspunkte zur Förderung der jeweiligen Kompetenz zu gewinnen sowie Lernprozesse in Klassen und Schulen länderintern und -übergreifend evaluieren zu können (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010). Der Rekurs auf ein solches theoretisches Modell ermöglicht somit erst die Konstruktion geeigneter Instrumente zur Erfassung von Kompetenzen (Münzer, 2016).

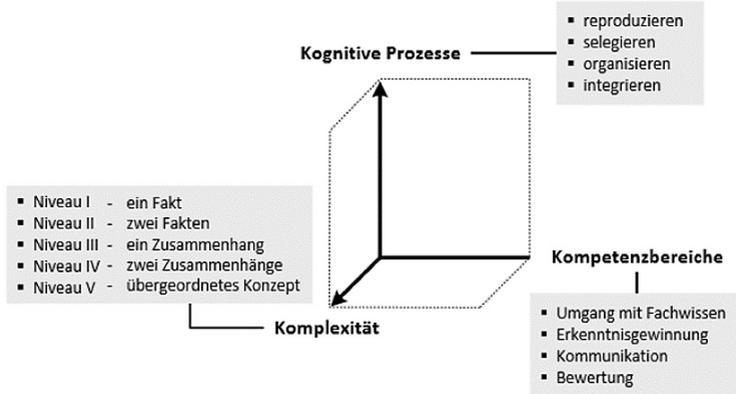


Abbildung 1. Das Kompetenzmodell für die Naturwissenschaften (Kauertz et al., 2010, S. 145).

2.3 Kompetenzmodell für das Fach Biologie

Auch für das Fach Biologie ist von der KMK ein Kompetenzmodell sowohl für den mittleren Schulabschluss (2004a, 2005) als auch für die Allgemeine Hochschulreife (2020) vorgeschlagen worden, das jeweils auf die spezifischen Anforderungsstrukturen dieses Lern- bzw. Handlungsfeldes bezogen ist. Es geht von den drei biologiespezifischen Basiskonzepten (1.) *System*, (2.) *Struktur und Funktion* und (3.) *Entwicklung* aus und umfasst die vier Bereiche *Fachwissen* als Inhaltsdimension sowie *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* als Handlungs-/Prozessdimensionen, welche wiederum jeweils in Sub- oder elementare Teilkompetenzen untergliedert werden können (KMK, 2004a, 2005, 2020; Abb. 2).

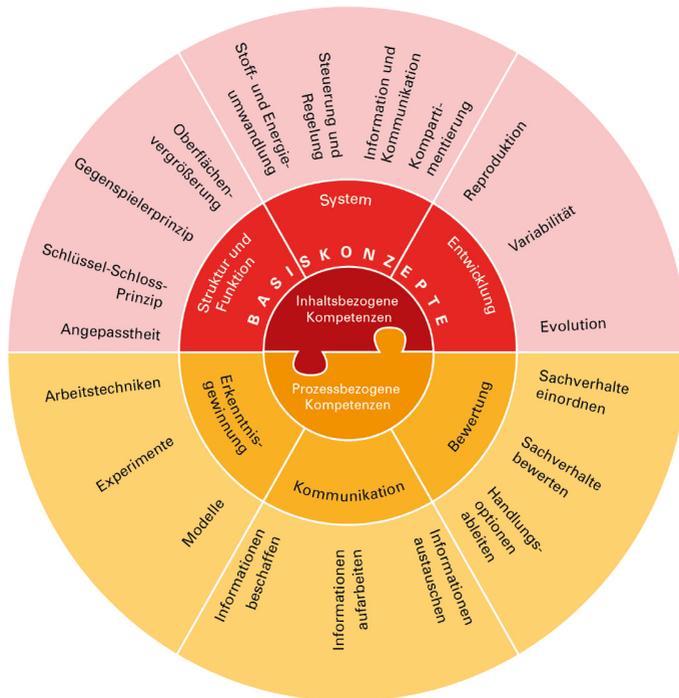


Abbildung 2. Kompetenzmodell für das Fach Biologie (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg i. Z. m. dem Landesinstitut für Schulentwicklung, 2016, S. 6; vgl. auch KMK, 2004a, 2005, 2020).

2.4 Überfachliche Bildungsaufgaben: Lebenskompetenzen

Über die bisher umrissene wissenschaftspropädeutische Ausbildung hinaus hat Biologieunterricht aber auch den Anspruch, durch Kompetenzförderung in sog. überfachlichen Bildungsbereichen einen effizienten Anteil zur *Lebenskompetenz* (*Life Skills*) der Lernenden beizutragen (Reusser, 2019; Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, 2015). *Life Skills* umfassen verschiedene psychosoziale und interpersonelle Bereiche, z. B. das Treffen begründeter und überlegter Entscheidungen, die effektive Lösung von Problemen, kritisches und kreatives Denken, eine effektive

Kommunikation, den Aufbau tragfähiger Beziehungen, die Ausbildung von Empathie/Einfühlungsvermögen, eine produktive und gesundheitsfördernde Lebensplanung sowie allgemein die Bewältigung alltäglicher Herausforderungen (World Health Organization [WHO], 2003).

Unter den Dachbegriff der *Life Skills* lassen sich mithin Bildungsbereiche einordnen, die nicht zwangsläufig für das Fach Biologie als solches relevant sind, sondern vielmehr als Bereiche der alltäglichen Lebenswelt der Lernenden auf das Erklärungspotential der Biologie zurückgreifen (Bayrhuber, 2017; Högger, 2018; Reusser, 2019). Schwierig ist es jedoch zu identifizieren, welches Wissen resp. Können in den betreffenden Bereichen in welchem Ausmaß hinzugerechnet werden soll und praktisch durchführbar hinzugerechnet werden kann. Insbesondere im Rahmen der sog. überfachlichen Bildungsaufgaben der Gesundheits-, Umwelt-, Sexual- und Sozialbildung, sind zudem ethische, (schul-)rechtliche und gesellschaftspolitische Vorgaben und Grenzziehungen für die Themenauswahl, Methodik und Reichweite der Verantwortlichkeit Lehrender sensibel zu berücksichtigen (Gropengießer et al., 2018).

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die drei im Kapitel 1.3 bereits skizzierten Forschungsprojekte mit ihren Ergebnissen vorgestellt. Die hierbei gewählte Reihenfolge beschreibt jedoch nicht die Chronologie der Projekt-Genese, sondern orientiert sich am Kriterium einer linearen, kohärenten Argumentationsführung. Zudem wurde der Umfang der Darstellung vorrangig an der Komplexität des gewählten methodischen Ansatzes relativiert, sodass beispielsweise der Bericht einer sechs Jahre andauernden Entwicklung und Validierung eines Messinstruments (Kap. 3.3) deutlich umfangreicher ausfällt als derjenige einer in wenigen Monaten abgeschlossenen Curriculumanalyse (Kap. 3.1). Nichtsdestoweniger liegen allen

nachfolgenden Darstellungen die wissenschaftlichen Ansprüche auf Präzision, Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Vollständigkeit zugrunde.

3.1 Kompetenzorientierung in universitären Curricula des Lehramtsstudiums im Fach Biologie¹

Ausgehend von der Prämisse, dass Biologielehrkräfte – im Sinne des didaktischen Dreiecks – als Bindeglied zwischen ihrem Fach und den Lernenden fungieren (Baltruschat, 2018; Reusser, 1991), hat sich die biologiedidaktische Forschung in jüngerer Zeit vor allem deren professioneller Kompetenz gewidmet. Die Komplexität des Anforderungsprofils für Lehrkräfte im Schulfach Biologie umfasst die zuvor explizierten, bei Schülerinnen und Schülern zu fördernden (wissenschafts-propädeutischen) Kompetenzen gemäß KMK (2004a, 2005) sowie inhaltlich insbesondere die – nicht ausschließlich fachbiologischen – Themenbereiche *Gesundheit, Fortpflanzung und Sexualität, Umwelt, Nachhaltigkeit, Ressourcenverbrauch und Energiebedarf* sowie *Soziales Zusammenleben* (Gericke & Ottander, 2016), die jedoch sämtlich zumindest auf biologisches Erklärungspotential rekurren.

Dieses Bedeutungsspektrum der Biologie als Wissenschaft und Schulfach impliziert vor dem Hintergrund des Bildungsauftrags öffentlicher Schulen die Frage, was Lehrkräfte der Biologie „wissen, können und wollen“ (Dittmer, 2010, S. 17) sollten, um bei Lernenden eine Interesse weckende und Verständnis ermöglichende Auseinandersetzung mit biologischen Sachverhalten, Strukturen und Zusammenhängen zu initiieren, anzuleiten und aufrechtzuerhalten.

Den damit verbundenen Anforderungen an die Lehrkräfte korrespondieren wiederum Ansprüche an die ausbildenden Hochschulen und das hochschuldidaktische pädagogische

¹ Die Inhalte sowie etwaige Abbildungen und Tabellen der Kapitel 3.1, 3.1.1 und 3.1.2 referieren sämtlich auf die Originalarbeit von Welter et al. (2020), sodass auf fortlaufenden Quellenverweis im Interesse der Lesbarkeit verzichtet wird.

Konzept, das diese Lehramtsausbildung leitet. Sie soll angehende Biologielehrkräfte dazu befähigen, Inhalte, Methoden sowie wissenschafts-/erkenntnistheoretische, anthropologische und ethische Aspekte lern- und verständniswirksam zur Geltung zu bringen und deren lebensweltliche Relevanz herauszuarbeiten (KMK, 2004a, 2005), um sie angesichts der zukünftig an sie gestellten Anforderungen unterrichtsbezogen handlungsfähig zu machen (Dittmer, 2011; Gericke & Ottander, 2016; Gropengießer et al., 2018).

Das anwendungsbezogene Ziel der Fachdidaktik und der fachdidaktischen Forschung im naturwissenschaftlichen Bereich Biologie ist mithin die Optimierung der entsprechenden Lehr- und Lernprozesse im schulischen Biologieunterricht, dessen Ziel wiederum die Förderung des konkreten Lernerfolgs der Schülerinnen und Schüler ist (Abraham & Rothgangel, 2017; KMK, 2004b; Konferenz der Vorsitzenden Fachdidaktischer Fachgesellschaften [KVFF], 1998). Die entsprechende universitäre Ausbildung angehender Lehrkräfte sieht sich derart einem subtilen Erwartungshorizont mit Steuerungsintention gegenüber. Ein Vermittlungspunkt zwischen fachdidaktischer Forschung und dem Alltag in Schulunterricht und Lehramtsausbildung sind die entsprechenden ländereigenen Curricula, d. h. die – politisch/gesellschaftlich vereinbarten – thematisch-inhaltlichen und strukturbezogenen Vorgaben, die von Schulen für den Unterricht resp. von Universitäten für die Lehramtsausbildung umzusetzen sind. In diesem Rahmen schreiben sog. *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* der KMK (2008) auch für Lehrende des Schulfaches Biologie ein Kompetenzprofil fest, das durch für das Fach und seine Didaktik spezifische Studieninhalte ergänzt wird.

3.1.1 Kurzbeschreibung des Projekts

Im nachfolgenden Kapitel 3.1.2 wird eine Synopse der an $N = 10$ repräsentativen Universitäten in der Bundesrepublik Deutschland implementierten Curricula für die

Lehramtsausbildung im Fach Biologie für den Unterricht an Gymnasien/Gesamtschulen präsentiert, welche die Überschneidungen zwischen den Themen der an den ausgewählten Universitäten eingerichteten Ausbildungsgängen und den diesbezüglichen curricularen Vorgaben der KMK (2008) quantifizierend erfasst. Das korrespondierende Forschungsprojekt wurde 2018 im Zuge der Abfassung eines Kapitels *Biologie in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Perspektiven einer kompetenzorientierten Fachdidaktik* im *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (Cramer et al., 2020) initiiert. Die Autorin der vorliegenden Dissertation war zunächst an der Konzeption der Studie beteiligt. Nach einvernehmlicher Festlegung des Konzepts wurde sie mit der Ermittlung der $N = 10$ Universitäten gem. dem gewählten Repräsentativitätskriterium (Kap. 3.1.2) sowie der inhaltsorientierten, vergleichenden Analyse der entsprechenden Curricula betraut. Darüber hinaus trug sie Verantwortung für die Formulierung und das Redigieren des betreffenden Manuskripts.

3.1.2 Ergebnisse der Curriculumanalyse

Nachfolgende Tabelle 1 präsentiert die Ergebnisse der durchgeführten Curriculumanalyse, um die Frage zu beantworten, inwieweit die in den fachdidaktischen Standards der Bildungspolitik beschriebenen zentralen Inhaltsbereiche der Qualifikation angehender Biologielehrkräfte für das Lehramt an Gymnasien/Gesamtschulen (KMK, 2008) in der entsprechenden universitären Ausbildung Berücksichtigung finden. Die Auswahl der Universitäten, welche in den Zeilen der Tabelle 1 repräsentiert sind, orientierte sich dabei am Repräsentativitätskriterium der Anzahl immatrikulierter Studierender.

Tabelle 1

Im Fach Biologie für das gymnasiale Lehramt angebotene Veranstaltungen zehn ausgewählter Universitäten in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juni 2019)

	Grundlagen der Biologie										Angewandte Biologie			Chemie Physik		Didaktik der Biologie						LP	FD	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	a	b	c	Ch	Ph	α	β	γ	δ	ϵ	ϕ	Gy	Ge	
1				NB										BC	BP									12
2																								12
3												WP	WP	BC										26
4																								17
5°																								15
6																								27
7																								17
8																								11
9																								10
10																								19

Anmerkungen.

weiß = angeboten; grau = nicht genannt

BC = Biochemie; BP = Biophysik; NB = Neurobiologie; WP = Wahlpflichtfach

1 = Universität zu Köln; 2 = Ludwig-Maximilians-Universität München; 3 = Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main; 4 = Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; 5 = Westfälische Wilhelms-Universität Münster; 6 = Universität Duisburg-Essen; 7 = Ruhr-Universität Bochum; 8 = Universität Hamburg; 9 = Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; 10 = Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

A = Zellbiologie; Strukturen und Funktionen; B = Pflanzen- und Tiermorphologie; C = Pflanzen- und Tierphysiologie; D = Neurobiologie und Verhaltensbiologie; E = Genetik, Molekularbiologie und Entwicklungsbiologie; F = Evolution und biologische Vielfalt (Systematik); G = Ökologie, Biogeographie und nachhaltiger Umgang mit der Natur; H = Humanbiologie; I = Mikrobiologie; J = Immunbiologie *)

a = Biologische Grundlagen der Gesundheitserziehung und Suchtprävention, deren physische und psychische Aspekte; b = Biologische Grundlagen der Gewinnung, Erzeugung und Bearbeitung von Naturprodukten, vor allem bezogen auf Nahrungs- und Genussmittel; auch unter fachübergreifender Perspektive; c = Biotechnik, Gentechnik, Reproduktionstechnik, Züchtung; auch unter fachübergreifender Perspektive *)

α = Grundlagen biologieberzogenen Lernens und Lehrens; β = Grundlagen biologieberzogenen Reflektierens und Kommunizierens; γ = Biologieunterricht – Konzeptionen und Gestaltung (zzgl. Fachpraktikum); δ = Umgang mit Heterogenität im Biologieunterricht; Biologieunterricht auch in inklusiven Lerngruppen; ϵ = Biologiedidaktisches Urteilen und Forschen sowie Weiterentwicklung von Praxis; ϕ = Formen der Kooperation mit sonderpädagogisch qualifizierten Lehrkräften und weiterem pädagogischen Personal bei der Planung, Durchführung und diagnostischen Reflexion inklusiven Biologieunterrichts *)

LP FD GyGe = Anzahl Leistungspunkte Fachdidaktik im Lehramtsstudium Biologie Gesamtschule/Gymnasium

*) gemäß KMK (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung

° Nach Information des Standorts befanden sich die Prüfungsordnungen zum Zeitpunkt der Analyse in Überarbeitung, sollen nach der Überarbeitung jedoch alle Standards berücksichtigen

Die Spalten der dargestellten Tabelle 1 entsprechen den von der KMK (2008) vorgegebenen Inhalten, die in den Lehrveranstaltungen dieses Studiengangs Berücksichtigung finden sollten. Weiße Felder indizieren, dass die jeweilige Universität diese Inhalte abdeckt, graue Felder, dass diese Inhalte nicht oder nur unzureichend abgedeckt werden (vgl. Anmerkungen zur Tabelle 1). Zwar machen Unterschiede in der öffentlichen Verfügbarkeit und im Aktualitätsgrad der für die Analyse genutzten Modulhandbücher sowie teils bestehender Interpretationsspielraum die Angaben stellenweise anfechtbar, dennoch zeigt das sich ergebende Grundbild, dass die auf die Vorgaben der KMK (2008) bezogene Nennung angewandter und fachdidaktischer Studienanteile im Vergleich zu fachwissenschaftlichen im Verhältnis von ca. 2:1 benachteiligt repräsentiert ist. Darüber hinaus existiert offenbar eine größere Variabilität hinsichtlich des Umfangs, in dem fachdidaktische Inhalte in den analysierten Lehramtsstudiengängen behandelt werden, was sich in den Anzahlen der korrespondierenden Leistungspunkte (vgl. rechte Spalte der Tabelle 1) widerspiegelt.

Obwohl diese Befunde sicherlich noch auf breiterer empirischer Basis und im Detail validiert werden müssen, suggerieren sie bereits ein entsprechendes Optimierungspotential hinsichtlich der curricularen Gestaltung der Lehramtsausbildung in der Bundesrepublik Deutschland.

3.2 Zwei-Fächer-Synergien²

Obleich die Vorgaben der Curricula für die universitäre Lehramtsausbildung konkrete Kompetenzen und Inhalte betreffen, die von Lehramtsstudierenden zu erwerben sind, wird die von diesen Studierenden bei Aufnahme ihres Studiums zu treffende Wahl ihrer beiden Unterrichtsfächer nicht explizit thematisiert. Diese Fächerwahl ist in der Bundesrepublik

² Die Inhalte sowie etwaige Abbildungen und Tabellen der Kapitel 3.2, 3.2.1 und 3.2.2 referieren sämtlich auf die Originalarbeit von Welter et al. (zur Publikation angenommen), sodass auf fortlaufenden Quellenverweis im Interesse der Lesbarkeit verzichtet wird.

Deutschland in weiten Strecken an keine weitere Bedingung geknüpft, d. h. in allgemeiner Hinsicht ist lediglich festgelegt, dass mindestens zwei Fächer gewählt werden müssen und dass entsprechendes Fachwissen (SMK/CK) und fachspezifisches didaktisches Wissen (PCK) wie auch fachübergreifendes pädagogisch-psychologisches Wissen (PPK) zu erwerben sind.

Unmittelbar einleuchtend ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass bestimmte Fächer eine größere semantische Nähe ihrer Inhalte und/oder didaktischen Methoden bzw. Zugangswege zueinander aufweisen als andere. Die – bundesweit weitgehend einheitliche – schulunterrichtliche Fächergruppierung in einen mathematisch-naturwissenschaftlichen, einen künstlerisch-musisch-sprachlichen und einen gesellschaftswissenschaftlich-philosophischen Bereich (Tab. 2) basiert mithin auf Ähnlichkeiten und Schnittmengen vor allem bezüglich SMK/CK und PCK (z. B. Heitzmann, 2002; Lohse-Bossenz et al., 2018) und ermöglicht damit eine orientierende Kategorisierung (z. B. Gebhard et al., 2017; Glutsch et al., 2018; Kaub et al., 2012; Kaub et al., 2016; Klieme et al., 2003; Lohse-Bossenz et al., 2018; Rehm et al., 2008).

Tabelle 2

Exemplarische Übersicht über schulunterrichtliche Fächergruppierungen in der Bundesrepublik Deutschland (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2020)

Sprachlich-musisch-künstlerische Fächergruppe	Geistes-/gesellschaftswissenschaftlich-philosophische Fächergruppe	Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächergruppe
<ul style="list-style-type: none"> • Deutsch • Fremdsprachen • Musik • Kunst • Literatur 	<ul style="list-style-type: none"> • Philosophie • Religion • Geschichte • Erdkunde • Politik • Sozialwissenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematik • Biologie • Chemie • Physik • Informatik

Thematisierungen eines potentiellen Zusammenhangs zwischen gewählter Fächerkombination und der Entwicklung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften setzen aus verschiedenen Perspektiven an. Eine prominente Argumentationslinie greift diesbezüglich beispielsweise das mehrdimensional wirksame und über reine Fachadditivität hinausgehende didaktische Konzept des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auf (z. B. Brovelli, 2014; Busch, 2016; Fruböse et al., 2011; Gebhard et al., 2017; Labudde, 2014; Labudde & Möller, 2012; Rehm et al., 2008).

Es stellt sich die Frage nach der Funktionalität und synergistischen Effizienz spezifischer Fächerkombinationen v. a. im Hinblick auf eine Vernetzung fachlicher und fachdidaktischer Ausbildungsmomente und einen hierdurch bedingten Einfluss auf die Entwicklung professioneller Kompetenz. Dabei kann im Falle der Wahl zweier einander ähnlicher Fächer einerseits angenommen werden, dass (1.) mehr Lerngelegenheiten für spezifische, vergleichbare Kompetenzaspekte sowie (2.) durch fachliche Ähnlichkeit ermöglichte Transfereffekte schließlich in einer breiteren und vertieften Vernetzung und Strukturierung professionellen Wissens münden (Heitzmann, 2002). Zum zweiten erscheint es plausibel, dass das wissenschaftliche Selbst- und Unterrichtsverständnis Lehrender durch fachspezifische Interaktions- und Kommunikationsformen vermittelt wird und somit im Falle fachlicher Ähnlichkeit ebenfalls gestärkt werden könnte (Lohse-Bossenz et al., 2018; Kaub et al., 2012).

3.2.1 Kurzbeschreibung des Projekts

Im nachfolgenden Kapitel 3.2.2 werden die Ergebnisse einer *Synergie*-Studie präsentiert, die auf die Frage fokussiert, ob die Wahl einer bestimmten Fächerkombination letztlich ohne Relevanz für die Entwicklung professioneller Kompetenzen angehender Lehrender ist, oder ob diesbezüglich nicht zumindest Empfehlungen hinsichtlich besonders effizienter Kombinationen von Fächern ausgesprochen werden können. Hierzu wurden $N = 600$ Lehramtsstudierende an 12 bundesdeutschen Universitäten, die entweder Biologie und Chemie

(DS; $n = 258$), Biologie und ein anderes Fach außer Chemie (BSS; $n = 155$) oder Chemie und ein anderes Fach außer Biologie (CSS; $n = 187$) studieren, hinsichtlich verschiedener Aspekte ihrer professionellen Kompetenz verglichen, um evtl. bestehende globale und/oder differentielle Vorteile einer studiumsbezogenen Kombination der beiden naturwissenschaftlichen Fächer Biologie und Chemie herauszuarbeiten. Zur Erfassung der relevanten abhängigen Variablen wurden die in Tabelle 3 überblicksartig präsentierten Operationalisierungen vorgenommen, wobei die eingesetzten Erhebungsinstrumente überwiegend befriedigende bis exzellente Reliabilitätskoeffizienten ($.66 \leq \alpha \leq .92$) aufwiesen. Zur Analyse der erfassten Daten kamen – nach Überprüfung von deren Vollständigkeit und Eignung für dieses Verfahren – multivariate Kovarianzanalysen zum Einsatz, in deren Rahmen das Fachsemester der teilnehmenden Studierenden statistisch konstant gehalten wurde, um Konfundierungseffekte zu minimieren.

Das korrespondierende Forschungsprojekt *Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen* (KiL³; Kleickmann et al., 2014) wurde 2011 am *Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik* (IPN) in Kiel initiiert. Die Autorin der vorliegenden Dissertation wurde im Jahre 2019 damit betraut, die multivariaten Analysen sowie eine Interpretation der zwischen 2011 und 2014 erhobenen Daten vorzunehmen. Darüber hinaus trug sie Verantwortung für die Formulierung und das Redigieren des betreffenden Manuskripts.

³ Das Projekt wurde finanziell gefördert von der *Leibniz-Gesellschaft* (SAW-2011-IPN-2) sowie – im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung – vom *Bundesministerium für Bildung und Forschung* (BMBF; 01JA1515).

Tabelle 3

Überblick über die Operationalisierung der analysierten abhängigen Variablen sowie über die jeweils durchgeführten Gruppenvergleiche

Abhängige Variablen	(Sub-)Dimension(en)	Durchgeführte Gruppenvergleiche		
		BSS vs. DS	CSS vs. DS	BSS/CSS vs. DS
Studieninteresse (SIQ; Krapp et al., 1993)	- fachlich Biologie	X		
	- fachdidaktisch Biologie			
	- fachlich Chemie		X	
	- fachdidaktisch Chemie			
	- pädagogisch			X
Fachdidaktische Selbstwirksamkeitserwartung (SWE-EX; Meinhardt et al., 2016)	- beim Durchführen von Experimenten im Biologieunterricht	X		
	- beim Durchführen von Experimenten im Chemieunterricht		X	
Berufsbezogenes Selbstkonzept (BEvaKomp; Braun et al., 2008)	- fachspezifisch Biologie	X		
	- fachdidaktisch Biologie			
	- fachspezifisch Chemie		X	
	- fachdidaktisch Chemie			
	- pädagogisch			X
NOS (SUSSI; Liang et al., 2006)				X
Epistemologische Überzeugungen (Q4TB; Schlichter, 2012)	- transmissiv			X
	- konstruktivistisch			
Lerngelegenheiten	- für Biologie CK	X		
	- für Biologie PCK			
	- für Chemie CK		X	
	- für Chemie PCK			
		- für PPK		
Studienmotivation (FEMOLA; Pohlmann & Möller, 2010)	- fachbezogen			X
	- pädagogisch			
Professionelles Wissen (Biologie: CK-IBI; Großschedl, Mahler et al., 2018; PCK-IBI; Großschedl, Welter et al., 2018; Chemie: Meyer et al., 2015; Pädagogik: Kleickmann et al., 2014)	- Biologie CK	X		
	- Biologie PCK			
	- Chemie CK		X	
	- Chemie PCK			
	- PPK			X

Anmerkung.

BSS = Biologie + Zweitfach ≠ Chemie; CSS = Chemie + Zweitfach ≠ Biologie; DS = Biologie + Chemie

CK = Fachwissen; PCK = fachdidaktisches Wissen; PPK = pädagogisch-psychologisches Wissen; NOS = Nature of Science.

SIQ = Study Interest Questionnaire; SWE-EX = Selbstwirksamkeitserwartungen im Handlungsfeld „Experimentieren“; BEvaKomp = Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen; SUSSI = Student Understanding of Science and Scientific Inquiry; Q4TB = Questionnaire of Four Teachers' Beliefs; FEMOLA = Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums; CK-IBI = CK in Biology Inventory; PCK-IBI = PCK in Biology Inventory

3.2.2 Ergebnisse der Synergie-Studie

Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Gruppenvergleiche indizieren für die duale Fächerkombination (DS) im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen (BSS und CSS) ein signifikant geringer ausgeprägtes pädagogisches Selbstkonzept, $F(1, 565) = 6.35, p < .05, \eta_p^2 = .01, d_{\text{Cohen}}/g_{\text{Hedges}} = 0.26$ ($CI_{95\%} = 0.09$ bis 0.43), obwohl die betreffende DS-Gruppe zugleich signifikant höhere Werte im Bereich des faktischen pädagogisch-psychologischen Wissens (PPK) erzielen konnte, $F(1, 574) = 7.57, p < .001, \eta_p^2 = .04, d_{\text{Cohen}}/g_{\text{Hedges}} = -0.29$ ($CI_{95\%} = -0.46$ bis -0.11). Bezüglich der fachbezogenen Studienmotivation zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied zugunsten der Gruppe mit dualer Fächerkombination (DS), $F(1, 564) = 4.80, p < .05, \eta_p^2 = .01, d_{\text{Cohen}} = 0.20^4$. Korrespondierende, jedoch statistisch nicht-signifikante Trends fanden sich einerseits für die pädagogische Studienmotivation ($p = .10$), welche bei der Gruppe mit dualer Fächerkombination (DS) niedriger ausgeprägt ist als in den beiden Gruppen BSS und CSS, andererseits für NOS-bezogene Kompetenzen ($p = .06$), die umgekehrt bei der DS-Gruppe vergleichsweise höher/besser ausgeprägt sind.

Schließlich zeigte sich speziell für den Fachbereich Biologie, dass Studierende mit dualer Fächerkombination (DS-Gruppe) signifikant besseres biologisches Fachwissen (Biologie-CK) aufweisen als Studierende, die Biologie und ein anderes Fach außer Chemie studieren (BSS-Gruppe), $F(1, 426) = 9.16, p < .01, \eta_p^2 = .02, d_{\text{Cohen}}/g_{\text{Hedges}} = -0.40$ ($CI_{95\%} = -0.58$ bis -0.21). Ein korrespondierender, jedoch statistisch nicht-signifikanter Trend ($p = .08$) fand sich für das fachdidaktische biologische Wissen (Biologie-PCK), welches bei der Gruppe mit dualer Fächerkombination (DS) ebenfalls in höherer Ausprägung vorliegt.

Vergleichbare fachbereichsspezifische Befunde konnten allerdings umgekehrt für den Bereich Chemie nicht aufgezeigt werden, d. h. für angehende Biologielehrkräfte scheint die

⁴ Die Berechnung der Effektstärke d_{Cohen} erfolgte bei vorliegend gleichen Mittelwerten der unterschiedlich großen Gruppen auf Basis des F -Werts der varianzanalytischen Berechnungen (Thalheimer & Cook, 2002), sodass kein Konfidenzintervall angebar ist.

Zweifachwahl Chemie eher vorteilhaft für verschiedene Aspekte ihrer professionellen Kompetenz zu sein, wohingegen angehende Chemielehrkräfte diesbezüglich kaum von einer Zweifachwahl Biologie profitieren. Dieser intuitiv plausible Befund ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Bedeutung biologischen (Vor-)Wissens für den Erwerb chemischer Kenntnisse aus fachlicher Perspektive als weitgehend marginal einzuschätzen ist, während ein Rekurs auf entsprechendes Wissen über grundlegende chemische Prozesse den Erwerb von Kenntnissen aus verschiedenen Bereichen der Biologie (z. B. Molekulargenetik) durchaus erleichtern kann (Urhaane, 2006). Entsprechend sehen auch die von der KMK (2008) formulierten Standards für Qualifikation angehender Biologielehrkräfte Studieninhalte der Chemie curricular explizit vor (Kap. 3.1).

Die gefundenen Ergebnisse unterliegen jedoch insofern einer eingeschränkten Aussagekraft, als – aufgrund zeitlich und finanziell begrenzter Ressourcen – weder eine Baselinemessung in den relevanten abhängigen Variablen zwecks Ausschluss potentieller Selektions-/Stichprobeneffekte durchgeführt, noch ein vollständig gekreuzter Versuchsplan für biologie- und chemiespezifisches Professionswissen (CK und PCK) realisiert werden konnte, in dem Biologiestudierende ausschließlich mit Chemie-Testaufgaben hätten konfrontiert werden können und umgekehrt. Zudem war aufgrund einer unzureichenden Zellenbesetzung keine nach Lehramt (Gymnasium/Gesamtschule vs. Haupt-/Real-/Gesamtschule) differenzierende Aussage bezüglich der gefundenen Effekte möglich. Nichtsdestoweniger suggerieren die Ergebnisse in Bezug auf mögliche curriculare Weiterentwicklungen der Lehramtsausbildung speziell im Fach Biologie, dass eine ergänzende bzw. integrale Aufnahme chemischer Fachinhalte teils deutliche Vorteile für die Entwicklung des professionellen Wissens angehender Lehrkräfte erwarten lässt.

3.3 Erfassung und Evaluation fachdidaktischen Wissens⁵

Die empirische Untersuchung des professionellen Wissens von Lehrkräften orientiert sich in weiten Teilen an der Expertise-Forschung, in deren Rahmen das unterrichtsbezogene Wissen und Können von Lehrkräften – neben persönlichkeitspezifischen affektiven, motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschafts- und Fähigkeitsparametern – als zentrale Komponente ihrer Professionalität erachtet wird (z. B. Blömeke, 2009a; König, 2010). Der Ausgangspunkt des Expertise-Paradigmas besteht in der Annahme, dass die erfolgreiche unterrichtliche Tätigkeit von Lehrkräften wie auch deren Bewältigung weiterer berufsbezogener Anforderungen auf Wissen und Können beruht, das sie in ihrer Ausbildung in theoretischen und praktischen Phasen erwerben, und welches dann durch anschließende Berufserfahrung weiterentwickelt wird, um schließlich zur Expertise zu führen (König, 2010). Diese angenommene Lernbarkeit professionellen Wissens impliziert mithin entsprechende Unterschiede zwischen Novizen und berufserfahrenen Lehrkräften und ist – verglichen z. B. mit Begabungs-/Talent- oder Persönlichkeitsparadigmen – vor allem relevant, wenn darauf fokussiert wird, welches professionelle Wissen Lehramtsstudierende als Novizen in ihrer Ausbildung auf welche Arten und Weisen genau (z. B. in Relationen zu Personenmerkmalen oder Lerngelegenheiten) erwerben.

Diese ausbildungsrelevante Perspektive der Lehr- und Lernbarkeit professionellen Wissens ist wiederum das erste Glied einer angenommenen Wirkungskette, welche über das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften schließlich zu einem entscheidenden Teil im Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler mündet (Gräsel & Göbel, 2015; Gröschner & Seidel, 2015; Helmke, 2007; Rothland et al., 2016; Schwippert, 2015; Terhart, 2012). In Bezug auf die Lehramtsausbildung lassen sich damit – vor allem auch unter längsschnittlicher Perspektive –

⁵ Die Inhalte sowie etwaige Abbildungen und Tabellen der Kapitel 3.3, 3.3.1 und 3.3.2 referieren sämtlich auf die Originalarbeit von Großschedl, Welter et al. (2018), sodass auf fortlaufenden Quellenverweis im Interesse der Lesbarkeit verzichtet wird.

sowohl die Frage nach den entscheidenden Einflussfaktoren auf die Entwicklung des professionellen Wissens als auch die Frage nach einer differenzierten Relevanz für einen entsprechenden Lern- und Motivationsgewinn der Schülerinnen und Schüler formulieren.

Obwohl diese zentrale Bedeutung speziell des professionellen Wissens von Lehrkräften für die Unterrichtsqualität und den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern in zahlreichen theoretischen Arbeiten (z. B. Shulman, 2015; van Driel & Berry, 2010) herausgehoben wird, liegen bisher nur wenige korrespondierende empirische Nachweise vor, die zudem überwiegend aus Studien für das Schulfach Mathematik stammen (z. B. Kunter & Voss, 2011; Schmelzing et al., 2013). Auch gibt es bislang kaum verlässliche Erkenntnisse darüber, wie und unter welchen Bedingungen sich professionelles Wissen angehender Lehrkräfte im Studium präzise entwickelt.

Eine Voraussetzung für die Durchführung entsprechender Studien zur Beantwortung dieser offenen Forschungsfragen ist insbesondere das Vorliegen geeigneter Testinstrumente zur objektiven, reliablen, validen und vor allem veränderungssensitiven Messung des Professionswissens. Bislang liegen solche Tests jedoch erst in Ansätzen vor (Blömeke & König, 2010; Borowski et al., 2010; Jüttner & Neuhaus, 2012, 2013; Jüttner et al., 2009; Kind, 2009; Kleickmann et al., 2013; Kunter et al., 2013; Voss & Kunter, 2011), weshalb ein erster wichtiger Schritt zur Erweiterung des wissenschaftlichen Kenntnisstands zunächst die Entwicklung solcher Instrumente sein muss.

Derartige Testkonstruktionen erfordern jedoch immer auch eine Spezifikation der theoretisch-analytischen Konzeptualisierung des Professionswissens, wobei eine solche inhaltliche Modellierung im Rahmen der aktuellen Forschung durchaus variantenreich ist und entsprechend als potentielle Quelle von Schwierigkeiten beim Vergleich von Studienergebnissen gelten kann (z. B. Cautet, 2016; Gramzow et al., 2013; van Dijk & Kattmann, 2007). Die Vielfältigkeit der Ausgestaltung und Begründung der unterschiedlichen Modelle des professionellen Wissens von Lehrkräften verdeckt allerdings kaum das

Offensichtliche des roten Fadens in all diesen Modellen: die auf Shulman (1986, 1987) zurückgehende inhaltliche Differenzierung professionellen Wissens in die drei Domänen SMK/CK, PPK und PCK. Diese Festlegung impliziert mithin sowohl eine Annahme über die Dimensionalität des übergeordneten Konstrukts des Professionswissens von Lehrkräften als auch über die Art des Zusammenhangs zwischen den drei konstituierenden Domänen, wobei diesbezügliche Modellarbeit insbesondere noch am PCK-Konstrukt zu leisten ist (z. B. Cauet, 2016; van Dijk & Kattmann, 2007). PCK kann dabei durchaus als Kern des deklarativen und prozeduralen unterrichtlichen Professionswissens von Lehrkräften angesehen werden, insofern es Lehrende dazu befähigt, fachspezifische Unterrichtsgegenstände lernwirksam in einen konkreten unterrichtlichen Kontext einzubetten (z. B. Shulman, 1986, 1987; Kennedy, 1998). Bislang ist allerdings nicht einmal eindeutig entscheidbar, ob es sich beim PCK-Konstrukt überhaupt um eine eigenständige Komponente professionellen Wissens (transformatives Modell) oder ggf. lediglich um ein Konglomerat aus Fachwissen (SMK/CK), pädagogisch-psychologischem (PPK) und kontextuellem Wissen z. B. über konkrete unterrichtliche Situationen (integratives Modell) handelt (Gess-Newsome & Lederman, 2002). Aus theoretisch-analytischer Perspektive kann hierzu festgehalten werden, dass PCK zum einen fach-/themenspezifisch und derart abgrenzbar vom allgemeinen, fachunspezifischen PPK ist. Zum anderen geht PCK in seinem Gehalt ebenfalls über das reine Fachwissen (SMK/CK) hinaus, da es speziell das konkrete Unterrichten eben dieser Fachinhalte betrifft. Da dem PCK-Wissenskonstrukt als solchem aber rein theoretisch-analytisch über inhaltliche Festlegungen hinaus nicht abschließend zuschreibbar scheint, was genau es als Wissen im Verhältnis zu seinen Konstituenten ist, ist die Debatte auf weitere Modellentwicklung und empirische Prüfung angewiesen (z. B. König, 2010).

Eine damit zusammenhängende Schwierigkeit betrifft auch die modelltheoretisch-inhaltliche Modellierung der internen Struktur des PCK-Konstrukts, welche – je nach Studie – bis zu acht Facetten berücksichtigt. Die PCK-Facetten im ursprünglichen Modell von Shulman

(1986) sind (1.) *Wissen über Schülervorstellungen* sowie (2.) *Wissen über Instruktionsstrategien und Repräsentationen* (Baumert & Kunter, 2006; Cauet, 2016; Depaepe et al., 2013; Hill et al., 2008; König, 2010; Lee & Luft, 2008; Park & Oliver, 2008; Schmelzing et al., 2013; Van Driel et al., 1998; von Aufschnaiter & Blömeke, 2010). Diese beiden prominenten Facetten finden sich auch in der Mehrzahl relevanter empirischer Studien wieder (van Driel & Berry, 2010). Der Hinweis, dass sie durchaus ergänzt werden können durch Facetten, die ebenfalls für fachdidaktische Kompetenz relevant scheinen (z. B. curriculares oder Beurteilungswissen; Magnusson et al., 1999; Tamir, 1988), wird begründbar durch eine durch empirische Befunde gewonnene Einsicht in die faktische Komplexität unterrichtlichen Geschehens und damit auch des Konstrukts PCK (Kind, 2009). Letztlich bleibt – im Hinblick auf die Inhaltsvalidität von Tests zur Erfassung professionellen Wissens – die inhaltliche Bestimmung und Gültigkeit solcher Facetten grundlegend arbiträr und beruht bestenfalls auf gesellschaftlichem, politischem und wissenschaftlichem Konsens, welcher sich wiederum aus Beurteilungen von Expertinnen und Experten sowie Curriculum-Konkordanz speist. Weitergehende Validierung schließt Zusammenhangsanalysen bezüglich der Domänen des Professionswissens ein resp. den Vergleich von Gruppen mit bekannten bzw. erwartbaren Unterschieden auf bestimmten Testitems (Cauet, 2016). Da letztlich nicht das Modell das betreffende Konstrukt – in diesem Fall PCK – definiert, sondern die Aufgabenstellungen/Items, die über inhaltliche Interpretation der Modellelemente und der Facetten ausgewählt werden, scheint es mithin angeraten, nicht nur das Modell und seine Elemente und Zusammenhänge, sondern gleichermaßen die inhaltlichen Interpretationsstufen und deren Reflektion in Items zu explizieren, um auf der Basis von Studienergebnissen valide Vergleiche und Schlussfolgerungen formulieren zu können.

3.3.1 Kurzbeschreibung des Projekts

Im nachfolgenden Kapitel 3.3.2 werden die Ergebnisse einer Validierungsstudie berichtet, in deren Rahmen die theoretisch wie empirisch-methodisch komplexe Herausforderung angenommen wurde, mit dem *Pedagogical Content Knowledge In Biology Inventory* (PCK-IBI) ein objektives, valides und reliables Testinstrument zur Erfassung von Umfang und Differenziertheitsgrad des fachdidaktischen Wissens von (angehenden) Biologielehrkräften zu konstruieren, um etwas über dessen konkreten Entwicklungsverlauf zu erfahren und z. B. potentielle Defizite rechtzeitig erkennen und – entweder individuell oder sogar curricular – korrigieren zu können. Der im Rahmen der präsentierten Studie durchgeführte empirische Modelltest leistet seinen Beitrag durch Arbeit an den Begriffen der im vorherigen Kapitel 3.3 skizzierten Modelle und das Abschreiten ihrer Grenzen. Um die relative Eigenständigkeit des PCK-Konstrukts und dessen Zusammenhänge zu den anderen beiden Domänen professionellen Wissens zu erproben, wurde ein transformatives Modell zugrunde gelegt, welches prinzipiell auch der Intention und Konzeption von Shulman (1986, 1987) entspricht (van Dijk, 2009). Das PCK-IBI ist als Leistungstest im Paper-Pencil-Format konzipiert und besteht aus den beiden – ursprünglich auch von Shulman (1986, 1987) als PCK-Facetten angenommenen – Skalen (1.) *Wissen über Schülerverständnis* und (2.) *Wissen über Instruktionsstrategien* mit je zwei Dimensionen (deklaratives und prozedurales Wissen). Insgesamt umfasst das Instrument 34 Items, welche im Rahmen einer Pilotstudie auf Basis von Curriculumanalysen 16 bundesdeutscher Universitäten sowie Ratings von Expertinnen und Experten formuliert wurden. Anschließend wurde dieser erste Testentwurf einer Stichprobe von $N = 274$ Lehramtsstudierenden aus 11 bundesdeutschen Universitäten zur Bearbeitung vorgelegt, um seine psychometrischen Gütekriterien zu evaluieren. Ein auf Basis der Ergebnisse dieser Analysen revidierter Testentwurf wurde im Rahmen einer weiteren Evaluation von $N = 432$ Lehramtsstudierenden aus 12 bundesdeutschen Universitäten bearbeitet. Die entsprechenden Ergebnisse wurden zum einen genutzt, um nochmals eine

Itemrevision in geringem Umfang durchzuführen, zum anderen, um entsprechende Modelltests hinsichtlich der Faktorstruktur des Professionswissens sowie der angenommenen Facettierung des PCK-Konstrukts durchzuführen, und schließlich, um Kennwerte für die Kriteriums- und Konstruktvalidität des Inventars zu ermitteln. Der auf Basis dieser Analysen konzipierte finale Testentwurf wurde abschließend im Rahmen einer zusätzlichen Datenerhebung $N = 92$ Lehramtsstudierenden der Universität zu Köln, $N = 35$ praktizierenden Lehrkräften aus Nordrhein-Westfalen sowie $N = 51$ Expertinnen und Experten vorgelegt, um weitere spezifische Validitätsaspekte zu evaluieren. Abbildung 3 fasst die Entwicklungsphasen des PCK-IBI im Sinne eines Verlaufsplans der Studiendurchführung überblicksartig zusammen.

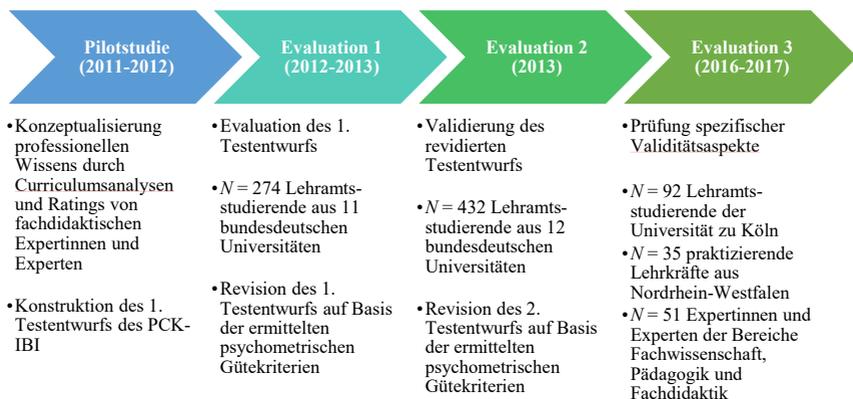


Abbildung 3. Phasen der Studiendurchführung im Rahmen der Konstruktion und Validierung des PCK-IBI.

Zur vollumfänglichen Validierung des PCK-IBI wurden den teilnehmenden Lehramtsstudierenden neben dem jeweiligen Testentwurf messzeitpunktspezifisch weitere Instrumente vorgelegt, um ihre kognitiven Fähigkeiten, motivationalen Orientierungen, epistemologischen Einstellungen und Überzeugungen, Ausprägungen von SMK/CK und PPK sowie Lerngelegenheiten zum Erwerb professionellen Wissens zu erfassen, wobei die

eingesetzten Erhebungsinstrumente überwiegend befriedigende bis exzellente Reliabilitätskoeffizienten ($.43 \leq \alpha \leq .98$)⁶ aufwiesen. Im Interesse der Übersichtlichkeit sind in Tabelle 4 die handlungsleitenden Forschungsfragen und erfassten Variablen sowie deren Operationalisierung und jeweiliger Erfassungszeitpunkt zusammenfassend dargestellt.

Zur Analyse der erhobenen Daten kamen – nach Überprüfung von deren Vollständigkeit und Eignung für die jeweiligen Verfahren – klassische und probabilistische testtheoretische Itemselektionsverfahren, faktorenanalytische und dimensionale Modellierungen sowie parametrische und non-parametrische korrelative und unterschiedstestende Verfahren zum Einsatz, wobei die konkret durchgeführten individuellen Analysen im Interesse einer eingängigen Darstellung gemeinsam mit den jeweils korrespondierenden Ergebnissen berichtet werden (Kap. 3.3.2).

Die Entwicklung und Validierung des PCK-IBI war ebenfalls in das KiL-Forschungsprojekt des IPN Kiel (Kleickmann et al., 2014) eingebettet. Die Autorin der vorliegenden Dissertation hat im Zeitraum 2016 bis 2017 die dritte Evaluation zur Prüfung spezifischer Validitätsaspekte konzipiert und anschließend selbständig umgesetzt. Speziell zur Prüfung der prädiktiven/prognostischen Validität (Tab. 4) hat sie in diesem Rahmen $N = 1.962$ Schulen des Landes Nordrhein-Westfalen, an denen das Fach Biologie unterrichtet wird, kontaktiert, um praktizierende Lehrkräfte als Probandinnen und Probanden zu gewinnen. Darüber hinaus hat sie die anschließende Datenauswertung und -interpretation vorgenommen. In diesem Zuge wurde sie auch mit ergänzenden multivariaten und faktorenanalytischen Analysen der zwischen 2012 und 2013 erhobenen Daten betraut. Schließlich trug sie Verantwortung für die Formulierung und das Redigieren des betreffenden Manuskripts.

⁶ 21.7 % der insgesamt eingesetzten 23 (Sub-)Skalen wiesen hierbei interne Konsistenzen von $\alpha < .70$ auf.

Tabelle 4

Übersicht über handlungsleitende Forschungsfragen und erhobene Variablen

	Erhobene Variablen		MZP		
	UV(s) bzw. Prädiktor(en)	AV bzw. Kriterium	t ₁	t ₂	t ₃
Ist PCK erlernbar im Sinne einer Entwicklung hin zu höheren PCK-Scores im Verlauf der Ausbildung? Falls ja: Ist diese Entwicklung abhängig von Lerngelegenheiten?	- Fachsemester - studiertes Lehramt - gewähltes Zweitfach - wahrgenommene Lerngelegenheiten - Praxiserfahrung	PCK	X	X	X
Sind kognitive Fähigkeiten prädiktiv für die PCK-Scores von Lehramtsstudierenden?	- Handlungs-IQ (KFT 4-12+R) - verbaler IQ (KFT 4-12+R) - mathematischer IQ (KFT 4-12+R) - Abitur-NC	PCK	X		
Ist die Motivation, ein Lehramt zu studieren, prädiktiv für die PCK-Scores von Lehramtsstudierenden?	- fachbezogen (FEMOLA) - pädagogisch (FEMOLA) - geringe Anforderungen (FEMOLA) - Nützlichkeitsaspekte (FEMOLA)	PCK	X		
Ist das Fachwissen (SMK/CK) prädiktiv für die PCK-Scores von Lehramtsstudierenden?	- SMK/CK (CK-IBI)	PCK		X	
Ist das pädagogisch-psychologische Wissen (PPK) prädiktiv für die PCK-Scores von Lehramtsstudierenden?	- PPK*	PCK		X	
Ist das berufsbezogene Selbstkonzept prädiktiv für die PCK-Scores von Lehramtsstudierenden?	- fachspezifisch (BEvaKomp) - fachdidaktisch (BEvaKomp) - pädagogisch (BEvaKomp)	PCK		X	
Sind epistemologische Überzeugungen prädiktiv für die PCK-Scores von Lehramtsstudierenden?	- transmissiv (Q4TB) - konstruktivistisch (Q4TB) - NOS (SUSSI)	PCK		X	
Ist PCK prädiktiv für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern?	- PCK	Erteilte Halbjahres-Zensuren im Fach Biologie			X

Anmerkung.

MZP = Messzeitpunkt; PCK = fachdidaktisches Wissen

t₁ = Evaluation 1 (Evaluation des ersten Fragebogen-Entwurfs); t₂ = Evaluation 2 (Evaluation des revidierten Fragebogens); t₃ = Evaluation 3 (Evaluation spezifischer Validitätsaspekte)

KFT 4-12+R = Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (Heller & Perleth, 2000); BEvaKomp = Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen (Braun et al., 2008); SUSSI = Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (Liang et al., 2006); Q4TB = Questionnaire of Four Teachers' Beliefs (Schlichter, 2012); FEMOLA = Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums (Pohlmann & Möller, 2010); CK-IBI = CK in Biology Inventory (Großschedl, Mahler et al., 2018); * = validierte PPK-Items des KiL-Projekts (Kleickmann et al., 2014)

3.3.2 *Ergebnisse der Entwicklung und Validierung des PCK-IBI*

Die im Rahmen von Evaluation 1 durchgeführte Itemanalyse des ersten Fragebogenentwurfs erfolgte auf Basis der *klassischen Testtheorie* (KTT). Handlungsleitende Parameter bei der anschließenden Selektion und Revision von Items waren entsprechend die berechneten Schwierigkeits- und Diskriminationsindizes zur Sicherstellung einer angemessenen Differenzierungsfähigkeit des Tests zwischen Personen mit unterschiedlichen Merkmalsausprägungen. Aus dem derart analysierten, 34 Items umfassenden ersten Testentwurf wurden insgesamt neun Items mit Schwierigkeiten außerhalb des Bereichs von .11 bis .81 und/oder Diskriminationsindizes $< .15$ entfernt. Für die verbliebenen 25 Items berechnete sich die interne Konsistenz zu $\alpha = .80$, sodass eine sehr gute Homogenität der Testitems im Sinne der Reliabilität angenommen werden kann. Anschließend wurden 11 neu konzipierte und durch fachdidaktische Expertinnen und Experten hinsichtlich ihrer Augenschein- und Inhaltsvalidität als geeignet beurteilte Items ergänzt, sodass der revidierte Testentwurf insgesamt 36 Items enthielt.

Die im Rahmen von Evaluation 2 durchgeführte Itemanalyse des revidierten Fragebogenentwurfs erfolgte auf Basis der *probabilistischen Testtheorie* (PTT) bzw. der *Item Response Theory* (IRT), um Testfairness der Einzelitems und spezifische Objektivität sicherstellen zu können, sowie den intendierten Einsatzzweck des PCK-IBI zur evaluativen Veränderungsmessung angemessen zu berücksichtigen (Fischer & Molenaar, 1995). Handlungsleitende Parameter bei der anschließenden Selektion und Revision von Items waren entsprechend die berechneten Schwierigkeitslogits und Diskriminationsindizes zur erneuten Sicherstellung einer angemessenen Differenzierungsfähigkeit des Tests zwischen Personen mit unterschiedlichen Merkmalsausprägungen, *OUTFIT*- bzw. *INFIT*-Werte zur Quantifizierung der Differenzen zwischen empirisch beobachteten Werten und modellbasierter Erwartungen, Indizes für *differential item functioning* (DIF) zum Ausschluss konfundierender Interaktionseffekte mit relevanten Moderatorvariablen auf Ebene der Einzelitems sowie die

Schätzwerte *expected a posteriori* (EAP)/*plausible values* (PV) und *weighted likelihood estimate* (WLE) zur Beurteilung von Reliabilität und Eindimensionalität des zugrundgelegten Rasch-Modells. Aus dem derart analysierten, 36 Items umfassenden revidierten Testentwurf wurden insgesamt zwei Items mit Schwierigkeitslogits außerhalb des Bereichs von -1.40 bis +1.31 und/oder Diskriminationsindizes $< .19$ und/oder *OUTFIT*- bzw. *INFIT*-Werten außerhalb des Bereichs von 0.8 bis 1.2 entfernt. DIF-Berechnungen unter Berücksichtigung der beiden Moderatorvariablen (1.) *studiertes Lehramt* und (2.) *gewähltes Zweifach* ergaben überwiegend vernachlässigbare Interaktionseffekte, sodass Testfairness für die verbliebenen Einzelitems angenommen werden kann. Die Schätzungen von EAP/PV und WLE ergaben Werte von .66 und .72, sodass darüber hinaus Eindimensionalität und eine gute Reliabilität angenommen werden können. Für die verbliebenen 34 Items der finalen Version des PCK-IBI berechnete sich die interne Konsistenz zu $\alpha = .77$, sodass auch KTT-basiert eine ausreichende Homogenität unterstellt werden kann.

Die Auswertungsobjektivität bei den offenen Antwortformaten wurde überprüft, indem sowohl in Evaluation 1 als auch in Evaluation 2 die Kodierung von jeweils 10.0 % der betreffenden Items von zwei unabhängigen Ratern vorgenommen und anschließend deren mittlere Übereinstimmung als Intraklassenkorrelation (ICC) stochastisch geschätzt wurde. Diese Schätzung erfolgte auf Basis eines unjustierten Modells, welches – verglichen mit einem justierten Modell – eine strengere Prüfung ermöglicht, da Mittelwertsunterschiede zwischen den Ratern als Teil der Fehlervarianz erhalten bleiben (Wirtz & Caspar, 2002). Die so ermittelte Intraklassenkorrelation betrug $ICC_{\text{unjust}} = .97$ (Evaluation 1) resp. $.88$ (Evaluation 2), sodass Auswertungsobjektivität sowohl für den ersten Fragebogenentwurf als auch dessen revidierte Fassung angenommen werden kann.

Die Angemessenheit der im PCK-IBI angenommenen Facettierung des PCK-Konstrukts wurde im Rahmen der Evaluation 2 durch raschanalytischen Vergleich zweier genesteter Modelle geprüft. Hierbei wurde ein zweidimensionales PCK-Modell mit den beiden im PCK-

IBI eingesetzten Skalen (*Wissen über Schülervorstellungen* und *Wissen über Instruktionsstrategien*) gegen ein eindimensionales PCK-Modell getestet. Der Likelihood-Ratio-Differenzen-Test indiziert eine signifikant bessere Reflexion der empirischen Datenstruktur für das restriktivere Modell, $\chi^2_{\text{Diff}}[2] = -16.22, p < .001$. Dieses Ergebnis wird darüber hinaus gestützt durch die vergleichsweise niedrigen Werte der relevanten stochastischen Informationskriterien: Die jeweiligen Modelldifferenzen betragen gemäß *Akaike's Information Criterion* (AIC) $\Delta_{\text{AIC}} = -20.22$, gemäß *consistent AIC* (cAIC) $\Delta_{\text{cAIC}} = -30.36$ und gemäß *Bayes' Information Criterion* (BIC) $\Delta_{\text{BIC}} = -28.36$ zugunsten des restriktiveren Modells. Die inhaltliche Facettierung des mit dem PCK-IBI zu erfassenden PCK-Konstrukts in die beiden Skalen (1.) *Wissen über Schülervorstellungen* und (2.) *Wissen über Instruktionsstrategien* scheint somit empirisch keine Unterstützung zu finden, weshalb entsprechend Eindimensionalität anzunehmen ist.

Um darüber hinaus zu prüfen, ob das PCK-IBI tatsächlich ein von den anderen beiden Domänen professionellen Wissens abgrenzbares PCK-Konstrukt gemäß den zugrunde gelegten transformativen Modellannahmen erfasst oder letztlich nichts anderes als ein Konglomerat aus PPK und SMK/CK, wurden im Rahmen der Evaluation 2 mittels konfirmatorischer Faktorenanalysen insgesamt fünf verschiedene Modelle miteinander verglichen: Ein 1-Faktor-Modell (es gibt genuin keine unterscheidbaren Domänen professionellen Wissens) vs. drei 2-Faktor-Modelle (es gibt eine eigenständige/abgrenzbare Domäne professionellen Wissens, während die andere ein Konglomerat aus den beiden anderen darstellt) vs. ein 3-Faktor-Modell (es gibt drei voneinander unterscheidbare Domänen professionellen Wissens). Die Ergebnisse der durchgeführten χ^2 -Tests indizieren lediglich für das 3-Faktor-Modell eine Passung zwischen den modelltheoretisch erwartbaren und empirisch beobachteten Daten, sodass die Annahme dreier voneinander unterscheidbarer Wissensdomänen angemessen scheint. Weitere Unterstützung findet dieses Ergebnis durch die Werte der übrigen ermittelten Modellgüteparameter: Jeweils höhere Werte von *Comparative fit index* (CFI) und *Tucker Lewis*

Index (TLI) sowie ein niedrigerer Wert des *root mean square error of approximation* (RMSEA) weisen auf eine bessere Passung des 3-Faktor-Modells hin (Tab. 5; Abb. 4).

Tabelle 5

Modellgüteindizes für fünf verschiedene Modelle professionellen Wissens ($N = 432$)

		df	χ^2	CFI	TLI	RMSEA
Modell 1	1 Faktor: SMK/PK/PCK	90	219 ***	.91	.89	.06
Modell 2	2 Faktoren: SMK /PK und PCK	89	211 ***	.91	.90	.06
Modell 3	2 Faktoren: SMK /PCK und PK	89	165 ***	.95	.94	.04
Modell 4	2 Faktoren: PK/PCK und SMK	89	148 ***	.96	.95	.04
Modell 5	3 Faktoren: SMK, PCK und PK	87	109	.98	.98	.02

Anmerkung.

SMK = Fachwissen; PCK = fachdidaktisches Wissen; PPK = pädagogisch-psychologisches Wissen

*** = $p < .001$

CFI = comparative fit index; TLI = Tucker Lewis Index, RMSEA = root mean square error of approximation

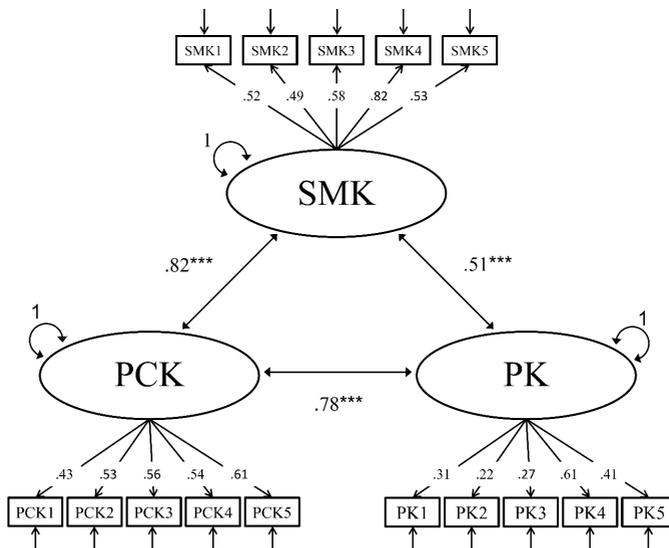


Abbildung 4. Strukturgleichungsmodell der empirisch gestützten dreifaktoriellen Modellierung professionellen Wissens.

Zur Überprüfung der Kriteriumsvalidität des PCK-IBI wurden im Rahmen der beiden Evaluationen 1 und 2 Unterschiedstestungen und Zusammenhangsanalysen unter Berücksichtigung relevanter Außenkriterien durchgeführt. Hinsichtlich des studierten Lehramts fanden sich signifikant unterschiedliche Ausprägungen von PCK zugunsten der Gymnasial-
vergleichen mit den Haupt-/Realschul-Lehramtsstudierenden, $t(237) = 5.13$, $p < .001$, $d_{\text{Cohen/gHedges}} = -0.69$ (CI_{95%} = -0.95 bis -0.44). Des Weiteren bestanden signifikante positive Korrelationen des erzielten PCK-Scores sowohl mit dem Fachsemester der Teilnehmenden ($r_{\text{Eva1}} = .27$ und $r_{\text{Eva2}} = .38$, beide $p < .001$) als auch mit der praktischen Unterrichtserfahrung ($r = .26$, $p < .001$). Diese Ergebnisse zeigen, dass die im PCK-IBI erzielten Testwerte einerseits mit relevanten Außenkriterien assoziiert sind, andererseits spezifische zeitliche Entwicklungszusammenhänge veränderungssensibel abbilden.

Die Konstruktvalidität des Inventars wurde im Rahmen der beiden Evaluationen 1 und 2 durch Analyse der Zusammenhänge zwischen erzielten PCK-IBI-Testwerten und relevanten Persönlichkeits- und Leistungskonstrukten geprüft. Hierbei fanden sich signifikante Korrelationen zwischen dem erreichten PCK-Score einerseits und sowohl dem Abitur-NC ($r = -.32$, $p < .001$) als auch den übrigen drei Indikatoren kognitiver Fähigkeiten (KFT 4-12+R-Skalen; $r = .21$ bis $.36$, alle $p < .05$) andererseits. Hinsichtlich der motivationalen Orientierungen (FEMOLA-Skalen) bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen der fachbezogenen Motivation und dem erreichten PCK-Score, während andererseits sowohl die pädagogische Motivation als auch Nützlichkeitsaspekte und eine wahrgenommene geringe Schwierigkeit des Lehramtsstudiums jeweils signifikant negativ mit dem erreichten PCK-Score assoziiert waren (alle $r = -.14$, alle $p < .05$). Des Weiteren war das Ausmaß jeweils wahrgenommener Lerngelegenheiten für die drei Domänen professionellen Wissens signifikant positiv mit dem erzielten PCK-Score der Lehramtsstudierenden korreliert ($r_{\text{SMK/CK}} = .25$, $r_{\text{PPK}} = .17$ bis $.24$, $r_{\text{PCK}} = .37$, alle $p < .001$). Konsequenterweise ergibt sich ein ähnliches Bild für die Zusammenhänge zwischen dem erreichten PCK-Score und der jeweiligen konkreten

akademischen Leistung, welche SMK-/CK-, PPK- sowie NOS-spezifisch operationalisiert wurde ($r_{SMK/CK} = .65$, $r_{PPK} = .26$ bis $.46$, $r_{NOS} = .30$, alle $p < .001$). Darüber hinaus fand sich eine signifikante positive Korrelation zwischen dem erzielten PCK-Score und dem fachdidaktischen Selbstkonzept der Teilnehmenden ($r = .31$, $p < .001$). Schließlich konnte bezüglich der epistemologischen Überzeugungen kein Zusammenhang einer konstruktivistischen Orientierung und dem erreichten PCK-Score aufgewiesen werden, während eine transmissive Orientierung signifikant negativ mit diesem assoziiert war ($r = -.17$, $p < .001$). Insgesamt zeigen die berichteten Ergebnisse, dass moderate bis hohe Korrelationen zwischen den im PCK-IBI erzielten Testwerten und relevanten Persönlichkeits- und Leistungskonstrukten bestehen. Die drei zunächst kontraintuitiv erscheinenden Resultate einer negativen Korrelation zwischen pädagogischer Motivation (FEMOLA) und erreichtem PCK-Score ($r = -.14$, $p < .05$) sowie den beiden Nullkorrelationen zwischen diesem und sowohl der fachbezogenen Motivation (FEMOLA) als auch einer konstruktivistischen Orientierung (Q4TB), werden angesichts folgender Überlegungen plausibel interpretierbar: Zum einen lagen vergleichsweise niedrige Reliabilitätskoeffizienten ($\alpha = .66$ und $.69$) der beiden betreffenden FEMOLA-Skalen vor, zum anderen könnte das im Q4TB zugrunde gelegte Konstruktivismus-Konzept wegen unzureichender Eigenerfahrung evtl. als Laissez-faire missverstanden worden sein. Eine ausreichende Konstruktvalidität des PCK-IBI kann mithin insgesamt angenommen werden.

Inhalts- und Augenscheinvalidität des Inventars wurden im Rahmen der Evaluation 3 anhand der Daten einer Stichprobe von $n = 30$ Lehramtsstudierenden der Universität Köln sowie $N = 51$ Expertinnen und Experten aus den Bereichen Fachwissenschaft Biologie, Fachdidaktik Biologie oder Pädagogik in einem Online-Assessment überprüft. Den teilnehmenden Probandinnen und Probanden wurde zunächst je eine Definition von SMK/CK, PPK und PCK vorgelegt, wobei sie anschließend für jedes Item eines Fragebogens, der einerseits die PCK-IBI-Items, andererseits Items zur Erfassung von SMK/CK und PPK aus dem KiL-Projekt enthielt, angeben sollten, ob dieses am ehesten SMK/CK, PPK oder aber PCK

erfasst. Insgesamt wurden – über alle Gruppen hinweg – 92.0 % aller Items korrekt ihrer Messintention zugeordnet, sodass Augenschein- und Inhaltsvalidität für die finale Version des PCK-IBI angenommen werden können. Auch die konstatierte Lernbarkeit resp. Entwicklung fachdidaktischen Wissens im Laufe von Ausbildung und Unterrichtserfahrung findet durch die konkrete Zuordnungsleistung, bei der die Expertinnen und Experten signifikant besser abschnitten als die Novizen, nochmals empirische Unterstützung:

- (1) $t_{SMK/CK}(44.46) = -2.37, p < .05, d_{Cohen/gHedges} = -0.55$ (CI_{95%} = -1.00 bis -0.09);
- (2) $t_{PPK}(43.60) = -3.27, p < .01, d_{Cohen/gHedges} = -0.81$ (CI_{95%} = -1.27 bis -0.34);
- (3) $t_{PCK}(36.44) = -3.63, p < .01, d_{Cohen/gHedges} = -0.99$ (CI_{95%} = -1.47 bis -0.52).

Zur expliziten Sicherstellung der Änderungssensitivität des PCK-IBI wurde im Rahmen der Evaluation 3 zudem ein Vergleich der erzielten PCK-Scores von $n = 62$ Lehramtsstudierenden der Universität Köln mit denjenigen von $N = 35$ praktizierenden Lehrkräften mit Unterrichtsfach Biologie aus Nordrhein-Westfalen ($M_{Alter} = 45.3$ Jahre; 42.9 % an Haupt-/Realschule) durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass die praktizierenden Lehrkräfte signifikant höhere PCK-Scores als die Lehramtsstudierenden erzielen konnten, $t(96) = 22.79, p < .001, d_{Cohen/gHedges} = -4.80$ (CI_{95%} = -5.59 bis -4.02), was die angenommene Entwicklung fachdidaktischen Wissens im Laufe von Ausbildung und Unterrichtserfahrung stützt.

In einem letzten Validierungsschritt wurde im Rahmen der Evaluation 3 die prognostische Validität des PCK-IBI überprüft, indem anhand der Daten der Stichprobe der $N = 35$ praktizierenden Lehrkräften aus Nordrhein-Westfalen eine Korrelation zwischen ihren jeweils erreichten PCK-Scores und vergebenen Halbjahres-Zensuren im Fach Biologie berechnet wurde. Der gefundene signifikante negative Zusammenhang von $r = -.39$ ($p < .05$) bestätigt die Befunde früherer Studien, die die Bedeutsamkeit des fachdidaktischen Wissens einer Lehrkraft für den Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler hervorheben (Brunner et al., 2006; Lenske et al., 2016; Lipowsky, 2007; Voss et al., 2014).

Insgesamt betrachtet konnten die berichteten Ergebnisse zeigen, dass zum einen im professionellen Wissen Lehrender die drei Domänen SMK/CK, PPK und PCK empirisch unterschieden werden können. Gleichzeitig konnte PCK jedoch als in sich eindimensional ausgewiesen werden. Item- und Skalenanalysen sowie Assoziationen mit Außenkriterien und relevanten Konstrukten erlauben den Schluss, dass die finale 34-Item-Version des PCK-IBI objektive Testwerte erbringt und eine reliable sowie valide Erfassung des fachdidaktischen Wissens von (angehenden) Biologielehrkräften ermöglicht. Auch scheint PCK de facto erlernbar zu sein und sich im Laufe von Ausbildung und praktischer Lehrerfahrung hin zu höheren Scores zu entwickeln. Die nachgewiesene Veränderungssensitivität des PCK-IBI könnte zum einen genutzt werden, um Aufschluss über die konkreten Entwicklungsbedingungen von PCK zu gewinnen, zum anderen zur formativen Evaluation von Ausbildungsprogrammen, die auf Erlernen fachdidaktischen Wissens fokussieren. Angesichts einer Bearbeitungszeit von ca. 40-45 Minuten und einem durchschnittlichen Zeitaufwand für die Auswertung von ca. 20 Minuten kann das PCK-IBI zudem als relativ ökonomisches Testverfahren bezeichnet werden.

Neben einer weiteren Validierung des Inventars an größeren Stichproben mit Subgruppendifferenzierungen wäre jedoch auch eine noch differenziertere Prüfung einzelner Validitätsaspekte anzustreben (v. a. im Hinblick auf Validität der Außenkriterien). Zudem wäre insbesondere die Verfügbarkeit valider Forschungsergebnisse aus entsprechenden Längsschnittstudien zur differenzierten Aufzeichnung der Entwicklung professionellen Wissens Lehrender wünschenswert. Eine solche Längsschnittstudie wurde beispielsweise im Jahre 2014 mit dem vielversprechenden Projekt *Kompetenzentwicklung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen* (KeiLa) des IPN (o. D.) Kiel initiiert, in dessen Rahmen sich auch die Veränderungssensitivität des PCK-IBI erneut zu bestätigen hat.

4 Diskussion

Die im Kapitel 3 vorgestellten Projekte zu Status quo und progressiver Weiterentwicklung empirisch-wissenschaftlich orientierter Fachdidaktik verfolgen zusammengenommen das Ziel einer an Kompetenzkriterien des Lernerfolgs von Lehramtsstudierenden zu bemessenden Optimierung ihrer universitären Ausbildung. Eine solche formative Anpassung, die außerdem jeweils auf aktuelle wissenschaftliche Befunde ausgerichtet sein sollte, wird als entscheidende Voraussetzung für den kompetenzorientierten Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler gewertet, die den angehenden Lehrenden im Verlauf ihrer weiteren beruflichen Laufbahn anvertraut werden. Die referierten Befunde ermöglichen die Formulierung zentraler Perspektiven und Herausforderungen für die Zukunft der biologiedidaktischen Lehramtsausbildung.

4.1 Studienspezifische Aspekte

Die Bedeutsamkeit einer intensivierten Förderung vor allem fachdidaktischer Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften wird durch empirische Befunde hervorgehoben, die beispielsweise unter Rückgriff auf das Angebots-Nutzungs-Modell für den schulischen Unterricht (Helmke, 2009) aufzeigen, dass eine kompetent gestaltete, Lern- resp. Kompetenzzuwachs ermöglichende Unterrichtsqualität maßgeblich von der Fähigkeit der Lehrkraft zur Berücksichtigung individueller Lernprozesse und Besonderheiten der Lernenden abhängt (Voss & Kunter, 2011) – eine Fähigkeit, die sich als *Wissen über Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien* gleichsam in inhaltlichen Aspekten fachdidaktischen Wissens (PCK) ausdrückt (Cauet, 2016; Hammann, 2020).

Im Rahmen der im Kapitel 3.1 vorgestellten Analyse universitärer Curricula für die Lehramtsausbildung im Fach Biologie wurde deutlich, dass das Augenmerk vor dem Hintergrund des Bildungs- und Erziehungsauftrags allgemeinbildender Schulen vorrangig auf Aspekte angewandter und fachdidaktischer Studienanteile sowie überfachlicher

Bildungsaufgaben zu richten sein könnte. Diese Empfehlung gründet sich insbesondere auf das gefundene 2:1-Benachteiligungsverhältnis angewandter und fachdidaktischer gegenüber fachwissenschaftlichen Studienanteilen.

Konkrete Bedingungen der praktischen Durchführbarkeit erzwangen im vorliegenden Fall jedoch, dass die referierte Curriculumanalyse lediglich an $N = 10$ bundesdeutschen Universitäten durchgeführt wurde und die Interpretation der Ergebnisse zudem Einschränkungen wie begrenzter Vergleichbarkeit unterliegt. Unbeschens dieses methodischen Erfassungsproblems hinsichtlich der konkreten Umsetzung von Inhalten der Modulhandbücher in Lehr-Lern-Veranstaltungen (z. B. Wißhak & Hochholdinger, 2016) bedürfte eine – als künftige Entscheidungsgrundlage belastbare – Curriculumanalyse eines umfassenderen wie differenzierteren systematischen Ansatzes zur Datengewinnung und -auswertung (z. B. Kelly, 2004; MacDonald, 1976; Posner, 2004). In diesem Sinne wäre es ratsam, eine möglichst große, repräsentative Stichprobe der Universitäten aller 16 deutschen Bundesländer zu gewinnen, um überprüfen zu können, ob sich das gefundene 2:1-Verhältnis zum Nachteil der Fachdidaktik replizieren lässt. Zudem würde ein solches Vorgehen ermöglichen, auf empirischer Basis Faktoren zu identifizieren, die mit eventuellen Unterschieden zwischen Universitäten resp. Bundesländern in Zusammenhang gebracht werden können. Ein längsschnittliches Gesamtdesign könnte darüber hinaus sicherstellen, dass Parameter von (curricularen) Veränderungen kontinuierlich registriert und damit verbundene kausale Verzögerungen quantifiziert werden können. Ein derartiges Monitoring wäre schließlich sachgerecht abzurunden über die Testung von Korrelationen zwischen universitären curricularen Ausbildungsanteilen (Lerngelegenheiten) für SMK/CK, PPK und PCK und dem erfassten professionellen Wissen Lehramtsstudierender.

Als Beispiel für eine solchermaßen längsschnittlich evaluierbare Auswirkung einer curricularen Veränderungsmaßnahme speziell im Rahmen des Lehramtsstudiums im Fach Biologie könnte eine ergänzende bzw. integrale Aufnahme chemischer Fachinhalte gelten, die

gemäß der im Kapitel 3.2 präsentierten Studienergebnisse teils deutliche Vorteile für die Entwicklung professionellen Wissens von Lehramtsstudierenden erwarten lässt. Zusätzlich könnte aber eine breitere explorative Perspektive auf den schulischen Fächerkanon ggf. Hinweise auf potentiell inkrementelle Effekte auch anderer naturwissenschaftlich-mathematischer Fächerkombinationen erbringen. Eine Analyse entsprechender Untersuchungsergebnisse könnte optimalerweise in ausbildungsmodularen Empfehlungen hinsichtlich der Integration spezifischer fachwissenschaftlicher und v. a. fachdidaktischer Elemente in die Lehramtsausbildung in anderen Fächern münden. Eine in dieser Sichtlinie integrierte Konzeption schulischen Unterrichts (z. B. integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht) war ein gedanklicher Ausgangspunkt der vorgestellten *Synergie*-Studie. Hierbei wäre es allerdings nicht zwingend notwendig, das Forschungsinteresse ausschließlich auf einen solchen – zudem sehr aufwändig zu evaluierenden – Gesamtentwurf zu richten. Alternativ resp. ergänzend könnte man zu einem unterrichtlichen Gegenstand oder einer Fragestellung z. B. Hinweise auf besonders lernwirksame Effekte einzelner fachdidaktischer Zugänge identifizieren, um diese dann ggf. für ein anderes Fach adaptieren zu können (Bayrhuber et al., 2017). Entsprechend erwartbare Auswirkungen betreffen sowohl die Förderung eines vernetzten Denkens auf Seiten der Lernenden (z. B. Brovelli, 2014; Rehm et al., 2008) als auch einer intensivierten interdisziplinären Zusammenarbeit, welche wiederum eine fruchtbare Grundlage weiterer Forschungsbemühungen sein kann.

Um jedoch überprüfen zu können, inwieweit sich derartige Maßnahmen tatsächlich in einem Zuwachs professioneller Kompetenzen von Lehrkräften widerspiegeln, tritt abermals die Verfügbarkeit von Messinstrumenten in den Vordergrund, die eine objektive, reliable und valide Erfassung korrespondierender Konstrukte ermöglichen, um deren faktische Entwicklung bewerten zu können. Der diagnostische Einsatz solcher Messinstrumente stellt dann wiederum die Grundlage zur Entscheidung über entsprechende Interventionsmaßnahmen dar.

Zur Erfassung speziell des fachdidaktischen biologischen Wissens und seiner Entwicklung hat sich das im Kapitel 3.3 vorgestellte PCK-IBI als zuverlässig und veränderungssensibel erwiesen. Das vor dem Hintergrund der deutschen Sprache und des bundesdeutschen Schulsystems entwickelte Instrument wird – in Anbetracht vergleichbarer Anforderungen – außerdem als für andere Kulturkreise und Sprachen adaptierbar eingeschätzt (Jüttner & Neuhaus, 2013). Diese Tatsache ist besonders relevant, insofern das PCK-IBI eine Einlösung der mit ihm verknüpften Erwartung verspricht, neben der nationalen ebenso die internationale Vergleichbarkeit von Ergebnissen zu ermöglichen und damit eine stabile Basis zu intensiverem wissenschaftlichem Austausch zu befördern.

Die eigentliche Herausforderung jedoch, auf die die Entwicklung und Validierung des PCK-IBI im Grunde allenfalls einen ersten Blick eröffnen konnte, besteht in einer Normierung, die idealerweise für verschiedene Länder und Bildungssysteme zu realisieren wäre, um zu einer verlässlichen Vergleichbarkeit von möglichst eindeutigen Ergebnissen und Aussagen gelangen zu können. Im Hinblick auf ein solches Ziel kann das PCK-IBI nur ein für die Biologiedidaktik vollzogener erster Schritt sein, dem zunächst für alle drei Domänen des professionellen Wissens und alle Schulfächer vergleichbare Testkonzeptionen folgen müssten. Dahingehend vielversprechende Ansätze liegen aktuell beispielsweise mit bereits publizierten Testinstrumenten aus den Projekten TEDS-M (Blömeke & Kaiser, 2014; Blömeke & König, 2010), COAKTIV (Baumert & Kunter, 2011; Kunter & Voss, 2011) oder *Professionswissen in den Naturwissenschaften* (ProwiN; Borowski et al., 2011) vor. Auch das – neben dem PCK-IBI ebenfalls aus dem KiL-Projekt hervorgegangene – CK-IBI (Großschedl, Mahler et al., 2018) konnte sich bereits mehrfach als zuverlässiges Instrument zur Erfassung biologischen Fachwissens von Lehramtsstudierenden bewähren. Für diese bereits verfügbaren wie auch neu zu entwickelnden Instrumente wäre dann jedoch gleichermaßen eine Normierung durchzuführen, um reliabel und valide gemessene Merkmalsausprägungen eineindeutig auf

wohl definierte Anforderungen beziehen und belastbare evaluative Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

4.2 Professionalisierung der Fachdidaktik

Eine hohe Qualität interdisziplinärer Forschungsbemühungen, die beispielsweise für das Ziel einer umfassenden Normierung von Messinstrumenten zur Erfassung des professionellen Wissens von (angehenden) Lehrkräften aller Schulfächer Voraussetzung ist, wird maßgeblich durch Bemühungen um strukturierte Konsensfindung bezüglich gemeinsamer Forschungsgegenstände sowie eine integrative Interpretation gefundener Forschungsergebnisse ermöglicht (Balsiger, 2005). Der hierzu notwendige wissenschaftliche Austausch resp. die wissenschaftliche Kooperation zwischen Forschenden und Institutionen kann als entscheidendes Medium wissenschaftlicher Professionalisierung angesehen werden (Heitzmann & Pauli, 2015; Held & Voitle, 2018). Die Professionalisierung der Fachdidaktik im Allgemeinen wie auch der Biologiedidaktik im Speziellen betrifft sowohl ihren Status als wissenschaftliche Disziplin als auch die Professionalität ihrer Vertreterinnen und Vertreter.

Fachdidaktik als zentraler Bestandteil universitärer Lehramtsausbildung repräsentiert inzwischen gleichermaßen einen wachsenden eigenständigen empirischen Forschungsbereich (Kipf, 2019). Die Anerkennung der Relevanz fachdidaktischer wissenschaftlicher Forschungstätigkeit ist naturgemäß mit sozialen und politischen Konsequenzen verbunden und darüber wiederum auch mit dem Ausmaß der finanziellen Ausstattung verknüpft (Aljets, 2015; Berck, 2001). Um solcherlei Anerkennung zu erreichen, sind personale und forschungspraktische Professionalisierung als Ansatzpunkte ebenso unverzichtbar wie wissenschaftssoziologisch einschlägige *Public-Relations*-Arbeit, die z. B. über Forschungsk Kooperationen mit den empirischen Bildungswissenschaften, der Pädagogischen und Allgemeinen Psychologie, aber auch der Medizin und Bio-Statistik zu realisieren wäre (Heitzmann & Pauli, 2015; Held & Voitle, 2018). Derartige Kooperationen könnten als

Erfahrungsmöglichkeiten gleichzeitig gezielt der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung dienen. Auf Basis entsprechender Publikationstätigkeit und gesammelter praktischer Erfahrungen könnten dann wiederum die erforderlichen Ressourcen für die Erforschung originär fachdidaktischer Themen und Fragestellungen mobilisiert werden.

Als erster Schritt scheint allerdings der formale und inhaltliche, aber auch personelle Ausbau und die Stabilisierung der wissenschaftspraktischen Expertise geboten, was eine entsprechend geeignete wissenschaftliche Ausbildung im Rahmen der Lehramtsausbildung erfordert, die durchaus über die bisherige Ausbildungspraxis hinausgehen kann. Hierzu böte sich unter Umständen – neben dem an der Universität zu Köln im Lehramtsstudiengang Biologie bereits implementierten Modul *Fachdidaktische Forschungsprojekte* – sogar die Einrichtung vollständig neuer Studiengänge an, die, z. B. bei möglichem Verzicht auf die Qualifikation für das Referendariat, unmittelbar auf eine wissenschaftliche Ausbildung für die fachdidaktische Forschung ausgerichtet sind (Leuders, 2015). In jedem Falle unverzichtbar sind jedoch schließlich Bemühungen um eine Vereinheitlichung von Modellen, Konzepten und Forschungsmethoden mit dem Ziel der Vergleichbarkeit wissenschaftlicher Daten und Ergebnisse (Heitzmann & Pauli, 2015) und einer produktiven wissenschaftlichen Kommunikation. Auch könnte eine noch gezieltere Realisierung dieser Kommunikation (z. B. im Rahmen von Kolloquien, Tagungen und Kongressen) hilfreich sein (Aljets, 2015; Leuders, 2015).

5 Ausblick

Dass die Bemühungen um Emanzipation der Fachdidaktik als eigenständige Wissenschaftsdisziplin im Rahmen der Professionalisierungsdebatte auch aktuell noch andauern, ist aus historischer Perspektive vor allem darauf zurückführbar, dass die Anfänge einer systematischen akademischen Lehramtsausbildung allenfalls bis ins 19. Jahrhundert zurückreichen (Blömeke, 2009b). Zuvor wurde Schulunterricht, sofern er überhaupt angeboten

wurde, überwiegend von Mitgliedern verschiedener Berufsstände (z. B. von Geistlichen, Medizinern oder Soldaten)⁷ erteilt, die über keine spezielle fachliche und didaktische Ausbildung verfügten (Graumann, 2014; Menck, 2015; Oelkers, 2004). Damit einhergehend wurde allenthalben die – teils bis weit ins 20. Jahrhundert übernommene – Auffassung vertreten, dass insbesondere Persönlichkeitsmerkmale, wie z. B. *Charisma*, die Eignung zum Lehrenden determinieren bzw. das Anforderungsprofil einer *guten Lehrkraft* inhaltlich ausfüllen; professionelle Kompetenzen spielten hingegen kaum oder lediglich eine untergeordnete Rolle (Blömeke, 2009b). Im Gegensatz dazu fokussiert die aktuelle Forschung – spätestens seit der sog. *Kompetenzwende* Mitte der 2000er Jahre – umgekehrt nahezu ausschließlich auf das professionelle Wissen und Können von Lehrkräften (Kunina-Habenicht et al., 2015). Eine solche Forschungsgegenstand-bezogene Schwerpunktsetzung im Bereich der professionellen Kompetenzen von (angehenden) Lehrkräften bietet sich insofern an, als ein entscheidendes Merkmal von Kompetenzen gerade darin besteht, dass sie (z. B. in der Lehramtsausbildung) erlern- und veränderbar sind, während die individuelle Persönlichkeit überwiegend als Konglomerat zeitstabiler und allenfalls schwer veränderbarer Charaktereigenschaften aufgefasst wird (Blömeke, 2009b; Darling-Hammond & Bransford, 2005). Auch kann durch diese Fokussierung auf die gezielte Lern- und Vermittelbarkeit professioneller Kompetenzen die Lehramtsausbildung und ihre intendierte Wirksamkeit vor dem Hintergrund beruflicher Anforderungen leichter Gegenstand methodischer und systematischer Forschung sein, die ausgehend von entsprechenden Theorien der Kompetenz und Expertise empirisch gehaltvolle Hypothesen formuliert, deren Prüfung auf die Theorie und/oder deren Geltungsbereich zurückwirken kann (Blömeke, 2009b). Umfang und Reichweite dieser *Kompetenzwende* in Fachdidaktik und Bildungswissenschaften haben mithin

⁷ Auf die Nutzung gendergerechter Sprache wurde bei dieser beispielhaften Nennung bewusst verzichtet, um zu verdeutlichen, dass es sich bei den betreffenden Personen – historisch bedingt – ausschließlich um Angehörige des männlichen Geschlechts handelte.

fraglos praktische und forschungsmethodische Vorzüge. Diese bergen jedoch die Herausforderung, andere relevante, forschungsmethodisch und praktisch eventuell aufwändiger und unsicherer erfassbare Konstrukte in den Forschungsbemühungen ebenfalls in angemessenem Ausmaß zu berücksichtigen. Speziell hinsichtlich der bis dato streitgegenständlichen Theorie-Praxis-Divergenz, die ein wahrgenommenes Missverhältnis zwischen ausbildungs- und berufsbezogenen Anforderungen von Lehrkräften betrifft (BMBF, 2019; Makrinus, 2013; Vogel, 2011), könnten – im Sinne der ökologischen Validität fachdidaktischer Forschungsbemühungen – z. B. verstärkt auch die Effekte professioneller Kompetenzen Lehrender auf den faktischen Schulunterricht und die Lernenden sowie deren messbaren Lernerfolg einbezogen werden. Fachwissen, Klassenführung, Umgang mit Vorwissen Lernender, Erklärungsfertigkeiten, aktivierende und motivierende Unterrichtsgestaltung, Strukturiertheit und methodische Versiertheit sind kompetenzorientiert hier zunächst im Vordergrund stehende – vorwiegend kognitiv orientierte – Aspekte des unterrichtlichen Handelns Lehrender resp. ihrer professionellen Kompetenzen (Abell, 2007; Labudde & Möller, 2012; Lipowsky, 2006). In diesem Zusammenhang sollte jedoch nicht übersehen werden, dass – v. a. aus Perspektive der Schülerinnen und Schüler – auch sog. *weichere* Kriterien von großer Bedeutung für die Bewertung von Lehrenden und Unterricht sind (Hattie, 2009; Merzyn, 2017). Solche Kriterien betreffen z. B. motivationale Orientierungen, selbstregulative Fähigkeiten, Werthaltungen oder die allgemeine psychologische Funktionsfähigkeit (Baumert & Kunter, 2006), wobei Kunter und Klusmann (2010) hierzu resümieren, dass begründet anzunehmen sei, „dass hohe Selbstwirksamkeit, Enthusiasmus für die Unterrichtstätigkeit und gute Selbstregulation entscheidende Ressourcen für die Bewältigung der beruflichen Aufgaben sind und sich somit auch in erhöhter Unterrichtsqualität niederschlagen sollten“ (S. 213). Erweitern ließen sich diese *weicheren* Momente der Lernwirksamkeit des unterrichtlichen Verhaltens Lehrender sicher nicht zuletzt auch durch einen Blick auf den Unterricht als sozialem Geschehen und das sog.

Unterrichtsklima, d. h. konkret die bedeutsame Beziehung zwischen Lernenden und Lehrenden (Hattie, 2009), die z. B. einerseits durch Unterstützung, Freiräume und Wertschätzung geprägt sein kann, andererseits aber auch durch Einschüchterung oder Beschämung (Klieme, 2006). Will Forschung diese nicht-kognitiven Elemente und ihre mögliche Rückkopplung mit den eher kognitiven Kompetenzaspekten und deren Lernwirksamkeit zusätzlich berücksichtigen, wird sie schwerlich umhinkommen, auch Persönlichkeitsmerkmalen Lehrender angemessene Beachtung zu schenken. Im Sinne eines wiederkehrenden Verhaltens in spezifischen sozialen Interaktionen könnten relevante Persönlichkeitsmerkmale (z. B. *gerecht*, *humorvoll* oder *warmherzig*) wohl am ehesten als diejenigen „menschlichen und sozialen Eigenschaften, [verstanden werden, ... die mitentscheiden, ...] ob der Lehrer Zugang zu den Schülern findet“ (Merzyn, 2017, S. 77-78; vgl. auch Jennings & Greenberg, 2009; Mansfield et al., 2016). Erneut steht hierbei die Frage im Mittelpunkt, wie auch dergleichen für unterrichtliche Tätigkeit erforderlich erachtete professionelle Kompetenzen Lehrender ggf. entwickelt und geübt werden können. Auch hier ist das Anforderungspotential schulischen Unterrichts das Komplement eines entsprechend breiten Kompetenzprofils Lehrender. Sofern – aus eher experimenteller Perspektive – z. B. angenommen werden kann, dass Persönlichkeitsmerkmale kausal auf die soziale Kompetenz wirken (Lang, 2008) und nicht lediglich mit ihr korreliert sind, stellt sich so die Frage nach Beeinflussung und Veränderbarkeit. Nun ist zwar relative Stabilität – differentiell über die Lebensspanne bzw. Entwicklungsphasen – ein theoretisch wie pragmatisch entscheidender Parameter von Persönlichkeit resp. ihrer erfassten Merkmale, aber es findet sich, dass in dieser Relativität nicht nur die faktischen Veränderungen im Sinne von Reifung/Entwicklung beschlossen sind, sondern zugleich zumindest potentiell Möglichkeiten zu weitergehender, auch intentionaler Veränderungen liegen (Asendorpf, 2018; Elkins et al., 2017; Specht & Gerstorf, 2018; Terracciano et al., 2008). Im Blick auf die als unterrichtsbezogen relevant einzuschätzenden persönlichen Eigenschaften Lehrender stellt sich entsprechend nachdrücklich die Frage der Möglichkeiten zur Beeinflussung angesichts

potentieller Stabilität. Ob und inwiefern für die Lehramtsausbildung hier also überhaupt Ansatzpunkte proaktiven Handelns gegeben sein können, wäre nicht nur für die Fachdidaktik systematisch aufzuklären (Merzyn, 2017), da im zumindest mittelfristigen Ziel auch dieser zuletzt avisierten Bemühungen die alltagsrelevante Kompetenzentwicklung Lernender steht.

Zum Abschluss sei auf ein weiteres, aktuelles Anliegen hingewiesen, hinsichtlich dessen die seit März 2020 bestehende COVID-19-Pandemie-Situation dringenden Handlungsbedarf offenbart hat. Die größte Herausforderung, die beispielsweise auch innerhalb eines hier nicht mehr zu berücksichtigenden Masterarbeitsprojekts *Evaluation des Sommersemesters 2020 unter COVID-19-Pandemie-Bedingungen an der Universität zu Köln* herausgearbeitet wurde, bestand und besteht unter den aktuellen Bedingungen schlicht in der praktischen Realisierbarkeit von Lehr- und Lernveranstaltungen (Huber et al., 2020). Der *digitale Ausweg* ist aufgrund seiner infrastrukturellen Zugangsbedingungen zwar weitgehend funktional, allerdings ist danach zu fragen, ob und inwiefern es auf Seiten – schulisch wie universitär – Lehrender spezifischer *digitaler unterrichtsbezogener Kompetenzen* bedarf. Diese gehen vielleicht sogar über eine bloße Adaption bisheriger unterrichtlicher Gestaltungen und Durchführungen an die neuen digitalen Bedingungen hinaus, insofern virtuelle Kommunikationsbedingungen Vorteile wie auch markante Defizite gegenüber physischer Interaktion aufweisen (Bauer & Müßle, 2020; Kreidl, 2011). Diese wären in Form und Ausmaß wie auch in ihren Auswirkungen auf Lehr-Lern-Prozesse konkretisierend herauszuarbeiten, um geeignete Hypothesen zu einer Art *digitalem PCK* Lehrender (Mishra & Koehler, 2006) formulieren zu können. Die Erwartung, dass mit Blick auf zukünftige Entwicklungen auch diese entsprechenden Forschungsbemühungen fruchtbar sein könnten, findet sich durch die bestätigte Lernbarkeit von PCK (z. B. Großschedl et al., 2015) unterstützt. Da derart allerdings auch der Gedanke naheliegt, dass (angehende) Lehrkräfte ebenso wie lernen auch wieder vergessen werden, stellt sich hier simultan die Frage nach der langfristigen Entwicklung resp. Stabilität professioneller Kompetenzen über Jahre. In diesem Sinne bliebe zudem zu evaluieren, ob sich

Aspekte dieser Kompetenzen identifizieren lassen, die – analog den durchaus divergierenden Fertigkeiten geübten Redens, Tanzens oder Fahrradfahren – Lehrenden auch ohne kontinuierlich aktualisierende Übung, d. h. im Sinne einer Expertise, zur Verfügung stehen. Entsprechend akzentuierte formative Evaluationsprogramme könnten wertvolle Hinweise auf Ansätze zur weiteren Optimierung von Aus- und v. a. Weiterbildung erbringen.

6 Fazit

Das Ziel der vorliegenden Dissertation bestand darin, einen relevanten Beitrag zur Identifikation anzustrebender Fortschritte in der Fachdidaktik und der fachdidaktischen Ausbildung Lehramtsstudierender zu leisten. Aus den vorgestellten Forschungsarbeiten ergeben sich sowohl bedeutsame Hinweise auf Defizite hinsichtlich der Implementation der KMK-Standards in der Lehramtsausbildung als auch auf eine sinnvolle Fächerkombination im Rahmen des naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiums. Darüber hinaus konnte v. a. die kritische Evaluation eines Messinstruments zur Erfassung von PCK Anknüpfungspunkte für nachfolgende Forschungsbemühungen offenbaren. Damit reiht sich die Arbeit ein in die Bemühungen um eine fortgeschriebene Analyse und formative Evaluation von Bildung und Ausbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern und ihrer Didaktik. Im Kern erfordert die Ausschöpfung des Potentials einer konsequenten Umsetzung der Kompetenz- und Wissenschaftsorientierung in Lehramtsausbildung und schulischem Unterricht weitere langfristige Bemühungen innerhalb eines hermeneutischen Zirkels von Theorie und Empirie. Derartige Bemühungen können sich einerseits auf eine einheitliche Definition und semantische Validierung relevanter Begriffe sowie eine darauf basierende Modellentwicklung richten, umfassen andererseits jedoch auch die Konstruktion entsprechender Mess- bzw. Testinstrumente wie auch die fortlaufende Ausarbeitung von Ausbildungsplänen, Handreichungen und Methoden für den universitären und den schulischen Bereich.

Literaturverzeichnis

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1101–1149). Lawrence Erlbaum.
- Abraham, U., & Rothgangel, M. (2017). Fachdidaktik im Spannungsfeld von Bildungswissenschaft und Fachwissenschaft. In H. Bayrhuber, V. Frederking, M. Hammann, M. Hemmer, I. Parchmann, B. Ralle, M. Rothgangel, L. Schön, & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer allgemeinen Fachdidaktik* (S. 15–21). Waxmann.
- Aljets, E. (2015). *Der Aufstieg der Empirischen Bildungsforschung. Ein Beitrag zur institutionalistischen Wissenschaftssoziologie*. Springer.
- Ambühl, H., & Stadelmann, W. (Hrsg.) (2011). *Wirksame Lehrerinnen- und Lehrerbildung – gute Schulpraxis, gute Steuerung. Bilanztagung II*. EDK.
<https://edudoc.ch/record/99752?ln=en>
- Anger, C., Plünnecke, A., & Schüler, R. M. (2019). INSM-Bildungsmonitor 2019. Ökonomische Bildung und Teilhabechancen. Studie im Auftrag der Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM). Institut der deutschen Wirtschaft. https://www.insm-bildungsmonitor.de/pdf/Forschungsbericht_BM_Langfassung.pdf
- Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Schümer, G., Stanat, P., Tillmann, K.-J., & Weiß, M. (Hrsg.) (2001). *PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. <https://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/ergebnisse.pdf>
- Asendorpf, J. B. (2018). *Persönlichkeit: was uns ausmacht und warum*. Springer.
- Balsiger, P. W. (2005). *Transdisziplinarität. Systematisch-vergleichende Untersuchung disziplinenübergreifender Wissenschaftspraxis*. Fink.
- Baltruschat, A. (2018). *Didaktische Unterrichtsforschung*. Springer.
- Barz, H. (2012). Der PISA-Schock. Über die Zukunft von Bildung und Wissenschaft im Land der „Kulturnation“. In G. Besier (Hrsg.), *20 Jahre neue Bundesrepublik. Kontinuitäten und Diskontinuitäten* (S. 215–237). Lit.
- Battisti, S. (1979). Zur Frage nach der Verantwortung in Wissenschaft und Technik. *Zeitschrift für katholische Theologie*, 101(3/4), 402–413.
- Bauer, M. J., & Müßle, T. (2020). *Psychologie der digitalen Kommunikation*. utzverlag.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011): Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. (S. 29–53). Waxmann.
- Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (2015). *Alltagskompetenz und Lebensökonomie. Gesundheit – Ernährung – Haushaltsführung – Selbstbestimmtes Verbraucherverhalten – Umweltverhalten*. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung.
https://www.isb.bayern.de/download/19465/alltagskompetenz_internet.pdf

- Bayrhuber, H. (2017). Biologie und Biologiedidaktik. In H. Bayrhuber, V. Frederking, M. Hammann, M. Hemmer, I. Parchmann, B. Ralle, M. Rothgangel, L. Schön, & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer allgemeinen Fachdidaktik* (S. 31–52). Waxmann.
- Bayrhuber, H., Frederking, V., Hammann, M., Hemmer, M., Parchmann, I., Ralle, B., Rothgangel, M., Schön, L., & Vollmer, H.-J. (Hrsg.) (2017). *Auf dem Weg zu einer allgemeinen Fachdidaktik*. Waxmann.
- Berck, K.-H. (2001). Wissenschaft? Oder: eine kleine Verteidigung der Fachdidaktik. *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster*, 10, 121–130. Institut für Didaktik der Biologie Münster. <https://repositorium.uni-muenster.de/document/miami/2bfb63ae-4cc2-4e35-bb2f-e48c5817ae5/berck108.pdf>
- Bernholt, S., Parchmann, I., & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 219–245.
- Blömeke, S. (2009a). Voraussetzungen bei der Lehrperson. In K.-H. Arnold, J. Wiechmann, & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 122–126). Klinkhardt/UTB.
- Blömeke, S. (2009b). Lehrerausbildung. In S. Blömeke, T. Bohl, L. Haag, G. Lang-Wojtasik, & W. Sacher (Hrsg.), *Handbuch Schule. Theorie – Organisation – Entwicklung* (S. 483–490). Klinkhardt/UTB.
- Blömeke, S., & Kaiser, G. (2014). Theoretical framework, study design and main results of TEDS-M. In S. Blömeke, F.-J. Hsieh, G. Kaiser, & W. H. Schmidt (Eds.), *International perspectives on teacher knowledge, beliefs and opportunities to learn. TEDS-M results* (pp. 19–47). Springer.
- Blömeke, S., & König, J. (2010). Pädagogisches Wissen angehender Mathematiklehrkräfte im internationalen Vergleich. In S. Blömeke, G. Kaiser, & R. Lehmann (Hrsg.), *TEDS-M 2008 – Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich* (S. 265–278). Waxmann.
- Blömeke, S., Buchholtz, N., Suhl, U., & König, J. (2012). Zwei Kulturen? Mathematiklehramtsstudierende mit unterschiedlichen Zweitfächern. In W. Blum, R. Borromeo Ferri, & K. Maaß (Hrsg.), *Mathematikunterricht im Kontext von Realität, Kultur und Lehrerprofessionalität. Festschrift für Gabriele Kaiser*. Springer.
- BMBF (2019). *Verzahnung von Theorie und Praxis im Lehramtsstudium*. Erkenntnisse aus Projekten der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“. https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Verzahnung_Theorie_Praxis_Lehramtsstudium_Erkenntnisse_OLB.pdf
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., Sandmann, A., & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341–349.
- Borowski, A., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Neuhaus, B. J., Sumfleth, E., Tepner, O., & Witner, S. (Hrsg.). (2011). *ProwiN-Testinstrumente*. Universität Duisburg-Essen.

- Braun, E., Gusy, B., Leidner, B., & Hannover, B. (2008). Das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen (BEvaKomp). *Diagnostica*, 54(1), 30–42.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Huber.
- Brovelli, D. (2014). Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung – Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 20(1), 21–32.
- Brüggemann, T., & Rahn, S. (2013). *Berufsorientierung - Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Waxmann.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K., & Tsai, Y.-M. (2006). Die Professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzel, & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schulen. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 54–82). Waxmann.
- Busch, M. (2016). *Empirische Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht*. Dissertation an der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität.
https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00035312/Dissertation-Busch.pdf
- Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen? – Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturphilosophie am Lehrstuhl für Didaktik der Physik. Fakultät für Physik.
<https://zenodo.org/record/57466#.X4LyrWgzaUk>
- Cramer, C., König, J., Rothland, M., & Blömeke, S. (Hrsg.). (2020). *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. Klinkhardt.
- Darling-Hammond, L., & Bransford, J. (Eds.). (2005). *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do*. Jossey-Bass.
- Davoli, M., & Entorf, H. (2018). The PISA Shock, Socioeconomic Inequality and School Reforms in Germany. *IZA – Institute of Labor Economics, Policy Paper Series, 140*. IZA – Institute of Labor Economics. <http://ftp.iza.org/pp140.pdf>
- Depaepe, F., Verschaffel, L., & Kelchtermans, G. (2013). Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. *Teaching and Teacher Education*, 34, 12–25.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.001>
- Dettmering, W., Hermann, A., & Schönbeck, C. (1991). Zum Gesamtwerk „Technik und Kultur“. In A. Hermann, & C. Schönbeck (Hrsg.), *Technik und Wissenschaft I* (S. V–XIV). VDI.
- Dietsen, A., Tschöpe, T., & Velten, S. (2010). In die Blackbox schauen – Kompetenzen messen, Ausbildungsqualität sichern. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP)*, 1, 27–30.

- Dittmer, A. (2010). *Nachdenken über Biologie. Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung*. Springer.
- Duit, R. (2015). Didaktik. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 325–327). Springer.
- Elkins, R., Kassenboehmer, S. C., & Schurer, S. (2017). The stability of personality traits in adolescence and young adulthood. *Journal of Economic Psychology*, *60*, 37–52.
- Erpenbeck, J., Grote, S., & Sauter, W. (2017). Einführung. In J. Erpenbeck, L. v. Rosenstiel, S. Grote, & W. Sauter (Hrsg.), *Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis* (S. IX–XXIX). Schäffer-Poeschel.
- Erpenbeck, J., Rosenstiel, L. v., Grote, S., & Sauter, W. (Hrsg.) (2017). *Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis*. Schäffer-Poeschel.
- Ertl, D. (2010). The Nature of Science. Das Wesen / die Natur der Naturwissenschaften. *PLUS LUCIS*, 1–2, 5–7. https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2010-1_PL.pdf
- Faas, S., Bauer, P., & Treptow, R. (Hrsg.) (2014). *Kompetenz, Performanz, soziale Teilhabe. Sozialpädagogische Perspektiven auf ein bildungstheoretisches Konstrukt*. Springer.
- Fend, H. (2008). *Schule gestalten: Systemsteuerung, Schulentwicklung und Unterrichtsqualität*. VS.
- Fischer, G. H., & Molenaar, I. W. (Hrsg.) (1995). *Rasch Models Foundations, Recent Developments, and Applications*. Springer.
- Fischler, H. (2011). Didaktik – An Appropriate Framework for the Professional Work of Science Teachers. In D. Corrigan, J. Dillon, & R. Gunstone (Ed.), *The Professional Knowledge Base for Teaching* (pp. 31–50). Springer.
- Frazer, M. J., & Kornhauser, A. (1986). Ethics and social responsibility in science education: an overview. In M. J. Frazer, & A. Kornhauser (Eds.), *Ethics and Social Responsibility in Science Education* (pp. 31–36). Pergamon.
- Frister, J. (2018). Fortentwicklung von Fachlichkeit, Didaktik und Bildungswissenschaften durch die Qualitätsoffensive Lehrerbildung. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze, & J. v. Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 15–27). Universitätsverlag.
- Fruböse, C., Ilgen, J., Kohm, L., & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, *64*(7), 433–439.
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch*. Springer.
- Gericke, N., & Ottander, C. (2016). On the Issue of ‘Research in the Didactics of Biology’: Definitions and Demarcations. In T. Tal, & A. Yarden (Eds.), *Proceedings of the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Haifa, Israel, 2014, pp. 155–162.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (Eds.) (2002). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Kluwer.

- Glutsch, N., König, J., & Rothland, M. (2018). Die Berufswahlmotivation von angehenden Lehrkräften bei Eintritt in ihre Ausbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 63(4), 1–23.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. Modelling Prospective Teachers' knowledge of Physics Education. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Gräsel, C., & Göbel, K. (2015). Unterrichtsqualität. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel, & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung Gegenstandsbereiche* (S. 107–119). Springer.
- Graumann, O. (2014). Aspekte der Geschichte westeuropäischer Lehrerbildung. *International Dialogues on Education*, 1(1), 42–58.
- Gropengießer, H., Harms, U., & Kattmann, U. (Hrsg.) (2018). *Fachdidaktik Biologie*. Aulis.
- Gröschner, A., & Seidel, T. (2015). Evidenzbasierte Lehrerbildung. Der Beitrag der Bildungsforschung zur Gestaltung von Bildungspraxis. *Journal für LehrerInnenbildung*, 4, 9–16.
- 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., Mahler, D., & Harms, U. (2018). Construction and evaluation of an instrument to measure content knowledge in biology: The CK-IBI. *Education Sciences*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/educsci8030145>
- Großschedl, J., Welter, V., & Harms, U. (2018). A new instrument for measuring pre-service biology teachers' pedagogical content knowledge: the PCK-IBI. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21482>
- Grunert, C. (2012). *Bildung und Kompetenz. Theoretische und empirische Perspektiven auf außerschulische Handlungsfelder*. Springer.
- Hammann, M. (2020). Wissensstrukturansätze in der Schülervorstellungsforschung. In B. Reinisch, K. Helbig, & D. Krüger (Hrsg.), *Biologiedidaktische Vorstellungsforschung: Zukunftsweisende Praxis* (S. 43–54). Springer.
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Heitzmann, A. (2002). Fachliche Ausbildung durch „Disziplinäre Vertiefung“. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 20(3), 364–377.
- Heitzmann, A., & Pauli, C. (2015). Professionalisierung in den Fachdidaktiken – Überlegungen zu einem zentralen, aber nicht unproblematischen Begriff. Einführung ins Themenheft. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 33(2), 183–199.
- Held, T., & Voitle, F. (2018). Herausforderungen und Potenziale interdisziplinärer Forschung. In M. Hammann, & M. Lindner (Hrsg.), *Biologiedidaktik als Wissenschaft. 21. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO*, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg (Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik; 8) (S. 433–447). Studien Verlag.
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *KFT 4-12+R - Kognitiver Fähigkeits-Test für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Beltz.

- Helmke, A. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Unterrichtsforschung und Konsequenzen für die Unterrichtsentwicklung. https://www.bildung.koeln.de/imperia/md/content/selbst_schule/downloads/andreas_helmke.pdf
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Klett-Kallmeyer.
- Hemmer, I. (1992). *Untersuchungen zum wissenschaftspropädeutischen Arbeiten im Geographieunterricht der Oberstufe*. Selbstverlag des Hochschulverbandes für Geographie und ihre Didaktik e. V. (HGD).
- Hill, D., Loewenberg Ball, D., & Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39, 372–400.
- Högger, D. (2018). Förderung von Lebenskompetenzen in der Schule. *Lebenskompetenzen*, 44(4), 29–32.
- Huber, S. G., Günther, P. S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J. A., & Pruitt, J. (2020). *COVID-19 und aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schul-Barometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Waxmann.
- IPN Kiel. (o. D.). Kompetenzentwicklung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen (KeiLa). <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projekte/keila>
- Jaeger, L. (2015). *Die Naturwissenschaften: Eine Biographie*. Springer.
- Jennings, P. A., & Greenberg, M. T. (2009). The prosocial classroom: Teacher social and emotional competence in relation to student and classroom outcomes. *Review of Educational Research*, 79, 491–525. <https://doi.org/10.3102/0034654308325693>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2016). Framing Biology Education Research in Scientific Education Research. In T. Tal, & A. Yarden (Eds.), *Proceedings of the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Haifa, Israel, 2014, pp. 163–166.
- Jüttner, M., & Neuhaus, B. J. (2012). Development of items for a pedagogical content knowledge test based on empirical analysis of pupils' errors. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1125–1143.
- 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), 113–127.
- Jüttner, M., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2009). Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Bereichen des Professionswissens von Biologielehrkräften. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 8, 69–82.
- 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* (S. 93–104). Springer.
- Kaub, K., Karbach, J., Biermann, A., Friedrich, A., Bedersdorfer, H.-W., Spinath, F. M., & Brünken, R. (2012). Berufliche Interessensorientierungen und kognitive Leistungsprofile von Lehramtsstudierenden mit unterschiedlichen Fachkombinationen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 26(4), 233–249.

- Kaub, K., Karbach, J., Spinath, F. M., & Brünken, R. (2016). Person-job fit in the field of teacher education - An analysis of vocational interests and requirements among novice and professional science and language teachers. *Teaching and Teacher Education*, 55, 217–227.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Kaufhold, M. (2006). *Kompetenz und Kompetenzerfassung: Analyse und Beurteilung von Verfahren der Kompetenzerfassung*. VS.
- Kelly, A. V. (2004). *The Curriculum Theory and Practice*. Sage.
- Kennedy, M. (1998). Education Reform and Subject Matter Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(3), 249–263. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199803\)35:3%3C249::AID-TEA2%3E3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199803)35:3%3C249::AID-TEA2%3E3.0.CO;2-R)
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204.
- Kipf, S. (2019). Forschen auch? – Gedanken zum Selbstverständnis universitärer Fachdidaktik. In A. Bikner-Ahsbahr, & M. Peters (Hrsg.), *Unterrichtsentwicklung macht Schule* (S. 27–43). Springer.
- Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F., Köller, O., Kröger, J., Lindmeier, A., Loch, C., Mahler, D., Möller, J., Neumann, K., Parchmann, I., Steffensky, M., Taskin, V., & Zimmermann, F. (2014). Professionswissen angehender Lehrkräfte mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern – Testentwicklung im Rahmen des Projekts KiL. *Unterrichtswissenschaft*, 42(3), 280–288.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S., & Baumert, J. (2013). Teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge: The role of structural differences in teacher education. *Journal of Teacher Education*, 64(1), 90–106.
- Klieme, E. (2006): Empirische Unterrichtsforschung: aktuelle Entwicklungen, theoretische Grundlagen und fachspezifische Befunde. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 765–773.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., & Vollmer, H. J. (2003). Expertise - Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Bundesministerium für Bildung und Forschung. http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/Expertise_Bildungsstandards.pdf
- Klieme, E., Jude, N., Baumert, J., & Prenzel, M. (2010). PISA 2000–2009: Bilanz der Veränderungen im Schulsystem. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider, & P. Stanat (Hrsg.), *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt* (S. 277–300). Waxmann.
- KMK (2004a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf

- KMK (2004b). *Standards für die Lehrerbildung: Bericht der Arbeitsgruppe*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards_Lehrerbildung-Bericht_der_AG.pdf
- KMK (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.09.2010). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf
- KMK (2014a). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- KMK (2014b). *Standards für die Lehrerbildung: Bericht der Arbeitsgruppe*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards_Lehrerbildung-Bericht_der_AG.pdf
- KMK (2015). *Bericht zur Verbraucherkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_12_03-Bericht-Verbraucherbildung-VSMK-KMK.pdf
- KMK (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Engagement Global gGmbH.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf
- KMK (2017). *Sachstand in der Lehrerbildung*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/AllgBildung/2017-03-07_Sachstand_LB_o_EW.pdf
- KMK (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf

- Kogge, W. (2001). Das Maß der Technik: Lebenswelt als Kriterium technischer Angemessenheit. In H. Franz, W. Kogge, T. Möller, & T. Wilholt (Hrsg.), *Wissensgesellschaft: Transformationen im Verhältnis von Wissenschaft und Alltag* [IWT-Paper Nr.25] (S. 224–244). Institut für Wissenschafts- und Technikforschung. <https://pub.uni-bielefeld.de/download/2305319/2305339/Wissensgesellschaft.pdf>
- Köller, O. (2018). Bildungsstandards. In R. Tippelt, B. Schmidt-Hertha (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 625–648). Wiesbaden: Springer.
- Konferenz der Vorsitzenden Fachdidaktischer Fachgesellschaften (KVFF) (Hrsg.) (1998). *Fachdidaktik in Forschung und Lehre*. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel. https://madipedia.de/images/6/69/1998_03.pdf
- 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?* (S. 40-105). Deutsche Gesellschaft für Lesen und Schreiben (DGLS).
- Kreidl, C. (2011). *Akzeptanz und Nutzung von E-Learning-Elementen an Hochschulen: Gründe für die Einführung und Kriterien der Anwendung von E-Learning* (Medien in der Wissenschaft; Band 59). Waxmann.
- Kunina-Habenicht, O., Decker, A.-T., & Kunter, M. (2015). Lehrerpersönlichkeit und professionelle Kompetenzen von Lehrkräften. In K. Seifried, S. Drewes, & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Handbuch Schulpsychologie – Psychologie für die Schule* (S. 319–330). Kohlhammer.
- Kunter, M., & Klusmann, U. (2010). Die Suche nach dem kompetenten Lehrer – ein personenzentrierter Ansatz. In W. Bos, E. Klieme, & O. Köller (Hrsg.), *Schulische Lerngelegenheiten und Kompetenzentwicklung* (S. 207–230). Waxmann.
- 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). Waxmann.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (2013). *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers. Results from the COACTIV Project*. Springer.
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 21–32.
- Labudde, P., & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 11–36.
- Lang, D. S. (2008). *Soziale Kompetenz und Persönlichkeit: Zusammenhänge zwischen sozialer Kompetenz und der Big Five der Persönlichkeit bei jungen Erwachsenen*. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Philosophie am Fachbereich Psychologie der Universität Koblenz-Landau. <https://kola.opus.hbz-nrw.de/opus45-kola/frontdoor/deliver/index/docId/264/file/SozialeKompetenzundPersoenlichkeit.pdf>

- Lazarides, R., & Mohr, S. (2016). Leistungsevaluation und Kompetenzmessung in Schule und Unterricht. In C. Griese, H. Marburger, & T. Müller (Hrsg.), *Bildungs- und Bildungsorganisationsevaluation. Ein Lehrbuch* (S. 277–294). De Gruyter.
- Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, *30*, 1343–1363.
- Lenke, G., Wagner, W., Wirth, J., Thillmann, H., Cauet, E., Liepert, S., & Leutner, D. (2016). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens für die Qualität der Klassenführung und den Lernzuwachs der Schüler/innen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *19*, 211–233. <https://doi.org/10.1007/s11618-015-0659-x>
- Lersch, R. (2010). Didaktik und Praxis kompetenzfördernden Unterrichts. In K. Faulstich-Christ, R. Lersch, & K. Moegling (Hrsg.), *Kompetenzorientierung in Theorie, Forschung und Praxis, Sekundarstufen I und II* (S. 31–59). Prolog.
- Leuders, T. (2015). Empirische Forschung in der Fachdidaktik. Eine Herausforderung für die Professionalisierung und die Nachwuchszertifizierung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *33*(2), 215–234.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., & Ebenezer, J. (2006). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument. Paper Prepared for the 2006 Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), San Francisco, CA, April 3–6, 2006. https://www.gb.nrao.edu/~sheather/For_Sarah/lit%20on%20nature%20of%20science/SUSSI.pdf
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda, & E. Terhart (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern* (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 51) (S. 47–70). Beltz.
- Lipowsky, F. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? *Friedrich Jahresheft*, *25*, 26–30.
- Lohse-Bossenz, H., Holzberger, D., Kunina-Habenicht, O., Seidel, T., & Kunter, M. (2018). Wie fach(un)abhängig ist bildungswissenschaftliches Wissen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *21*(5), 991–1019.
- MacDonald, B. (1976). Evaluation and the control of education. In D. Tawney (Ed.), *Curriculum evaluation today: trends and implications* (pp. 125–134). MacMillan Education.
- Magnusson, S., Krajeik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Kluwer.
- Makrinus, L. (2013). *Der Wunsch nach mehr Praxis. Studien zur Schul- und Bildungsforschung*. Springer.
- Mansfield, C. F., Beltman, S., Broadley, T., & Weatherby-Fell, N. (2016). Building resilience in teacher education: An evidenced informed framework. *Teaching and Teacher Education*, *54*, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.11.016>

- McLean, L., & Taylor, M. (2019). Career choice motivations in teacher training as predictors of burnout and career optimism in the first year of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 85, 204–214. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.06.020>
- Menck, P. (2015). *Was ist Erziehung? Eine Einführung in die Erziehungswissenschaft*. Universitätsverlag. <https://core.ac.uk/download/pdf/56726655.pdf>
- Merzyn, G. (2017). Merkmale guter Lehrer in Physik, Chemie, Biologie. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(16), 67–80.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg i. Z. m. dem Landesinstitut für Schulentwicklung (2016). *Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I – Fachplan Biologie* (Bildungsplanheft 2/2016). Neckar-Verlag.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2020). *Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Schulgesetz NRW - SchulG). Vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102) zuletzt geändert durch Gesetz vom 29. Mai 2020 (SGV. NRW. 223)*. <https://bass.schul-welt.de/6043.htm>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mittelstraß, J. (2013). *Wie wollen wir leben? - Wissenschaftlich-technische Innovationen und gesellschaftlicher Fortschritt*. Konrad-Adenauer-Stiftung. https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=eb55b0ba-ad22-4f34-0980-232cbd9e3fb2&groupId=252038
- Münzer, S. (2016). *Kompetenzorientierung aus Sicht der empirischen Bildungsforschung*. Statement im Rahmen des Saarbrücker Kolloquiums Fachdidaktik am 27.6.2012. Universität des Saarlandes. www.unisaarland.de/fileadmin/user_upload/Einrichtungen/zfl/PDF_Fachdidaktik/PDF_Kolloquium_FD/Kompetenzorientierung_aus_Sicht_der_empirischen_Bildungsforschung_Statement_mit_Folien.pdf
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do. Volume I. Student Performance in Mathematics, Reading and Science*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-volume-I.pdf>
- Oelkers, J. (2004). Fachunterricht in historischer Sicht. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 22(2), 201–217.
- Oelkers, J. (2009). „I wanted to be a good teacher ...“: *Zur Ausbildung von Lehrkräften in Deutschland*. Friedrich-Ebert-Stiftung. <http://library.fes.de/pdf-files/studienfoerderung/06832.pdf>
- Oelkers, J. (2017). *Entwicklungen der Lehrerbildung in Deutschland*. Vortrag in der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg am 5. Dezember 2017. https://www.ife.uzh.ch/dam/jcr:301de88e-2d58-4775-a2f7-5e4d603f3f7d/Ludwigsburg_LAB.pdf
- Olbertz, J.-H. (1998). Wissenschaftspropädeutik/Wissenschaftsorientierung/ Fächerübergreifendes Lernen in der Schule (sowie lebenslanges Lernen). In K.-H. Braun, C. Hoffmann, H.-G. Hofmann, H.-H. Krüger, & J.-H. Olbertz (Hrsg.), *Schule mit Zukunft* (S. 209–225). Leske + Budrich.

- Parchmann, I. (2013): Wissenschaft Fachdidaktik. – Eine besondere Herausforderung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 31(1), 31–41.
- 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.
- Picht, G. (1964). *Die deutsche Bildungskatastrophe*. Olten.
- Pioch, S. (2019). *Quick Guide Wissensbasiert entscheiden. Wie Sie strukturierte Entscheidungen treffen können*. Springer.
- Pohlmann, B., & Möller, J. (2010). Fragebogen zur Erfassung der Motivation für die Wahl des Lehramtsstudiums (FEMOLA). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24(1), 73–84.
- Posner, G. J. (2004). *Analyzing the Curriculum*. McGraw-Hill.
- Prinz, A. (2019). Herausforderung Wissenschaftsorientierung im Lehramt: Warum und wie sollten angehende Lehrkräfte Statistik lernen? In A. Prinz, H. Zeeb, T. Leuders, & M. Nückles (Hrsg.), *Herausfordernde Situationen rund um den Lehrberuf – Fragen und Antworten* [Broschüre] (S. 50–55). School of Education FACE. https://www.face-freiburg.de/wp-content/uploads/2020/03/2020_School-of-Education-FACE_Broschuere_CURIOUS.pdf
- Raithel, J., Dollinger, B., & Hörmann, G. (2009). *Einführung Pädagogik Begriffe · Strömungen Klassiker · Fachrichtungen*. Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R., & Svoboda, G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 99–124.
- Reichhart, B. (2018). *Lehrerprofessionalität im Bereich der politischen Bildung. Eine Studie zu motivationalen Orientierungen und Überzeugungen im Sachunterricht*. Springer.
- Reichl, C., Wach, F.-S., Spinath, F. M., Brünken, R., & Karbach, J. (2014). Burnout risk among first-year teacher students: The roles of personality and motivation. *Journal of Vocational Behavior*, 85, 85–92.
- Reusser, K. (1991). Plädoyer für die Fachdidaktik und für die Ausbildung von Fachdidaktiker/innen für die Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 9(2), 193–215.
- Reusser, K. (2014). Kompetenzorientierung als Leitbegriff der Didaktik. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32(3), 325–339.
- Reusser, K. (2019). Unterricht als Kulturwerkstatt in bildungswissenschaftlich-psychologischer Sicht. In U. Steffens, & R. Messner (Hrsg.), *Unterrichtsqualität. Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens* (S. 129–166). Waxmann.
- Rhode-Jüchtern, T. (2010). Lehrerbildung und Bildungsstandards – Oder: Haben Lehrer selbst die Kompetenzen, die sie bei Schülern entwickeln sollen? *Schriftenreihe Fachdidaktische Forschung*, 1. <https://www.uni-hildesheim.de/ojs/index.php/HiBFF/article/download/44/49/>
- Roepke, I. (2001). New technology in everyday life - Social processes and environmental impact. *Ecological Economics*, 38(3), 403–422. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00183-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00183-5)

- Rohlf, C., Haring, M., & Palentien, C. (Hrsg.) (2014). *Kompetenz-Bildung: Soziale, emotionale und kommunikative Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen*. Springer.
- Rothland M., Cramer C., & Terhart E. (2016). Forschung zum Lehrerberuf und zur Lehrerbildung. In R. Tippelt, & B. Schmidt-Hertha (Hrsg.) *Handbuch Bildungsforschung* (S. 1–24). Springer.
- Sander, W. (2009). Ein didaktischer Werkzeugkoffer: Tools für die Planung von Lernumgebungen. *AUFGELESEN, Ausgabe 3*. Staatliches Studienseminar für das Lehramt an berufsbildenden Schulen Neuwied.
https://studienseminar.rlp.de/fileadmin/user_upload/studienseminar.rlp.de/bb-Praktika/Sander_Didaktische_Prinzipien.pdf
- Sanders, W. L., & Rivers, J. C. (1996). Cumulative and Residual Effects of Teachers on Future Student Academic Achievement. University of Tennessee Value-Added Research and Assessment Center.
<https://www.heartland.org/template-assets/documents/publications/3048.pdf>
- Schaper, N. (2009). Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand 2*(1), 166–199.
- Schecker, H., Parchmann, I., & Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 1–15), Springer.
- Schlichter, N. (2012). *Lehrerüberzeugungen zum Lehren und Lernen*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität. Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek. <https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-000D-F0A6-8/schlichter.pdf?sequence=1>
- Schmelzing, S., Van Driel, J. H., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. J. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers’ pedagogical content knowledge concerning the “cardiovascular system”. *International Journal of Science and Mathematics Education, 11*, 1369–1390.
- Schmidt, W. H., Blömeke, S., & Tatto, M. T. (2011). *Teacher education matters. A study of the mathematics teacher preparation from six countries*. Teacher College.
- Schreiber, W., & Zabold, S. (2015). Reform der Lehrerbildung: zwischen Zwängen der Praxis, Erkenntnissen der Theorie und Evidenzen der Empirie. Publikationen der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt.
http://edoc.ku-eichstaett.de/16809/1/Reform_der_Lehrerbildung.pdf
- Schüle, C., Besa, K.-S., Denger, C., Feßler, F., & Arnold, K.-H. (2014). Lehrerbelastung und Berufswahlmotivation: ein ressourcentheoretischer Ansatz. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 7*(2), 175–189.
- Schwippert, K. (2015). Zur Situierung der aktuellen Lehrkräftebildungsforschung: Stand und Perspektiven im Rahmen von internationalen Vergleichsuntersuchungen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 33*(1), 7–21.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4–14.

- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–21.
- Shulman, L. S. (1998). Theory, practice, and the education of professionals. *The Elementary School Journal*, 98(5), 511–526.
- Shulman, L. S. (2015). PCK - Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 3–13). Routledge.
- Sloane, P. F., & Dilger, B. (2005). The Competence Clash – Dilemmata bei der Übertragung des ‘Konzepts der nationalen Bildungsstandards’ auf die berufliche Bildung. *Berufs- und Wirtschaftspädagogik online*, *bwp@*, 8. http://www.bwpat.de/ausgabe8/sloane_dilger_bwpat8.pdf
- Specht, J., & Gerstorf, D. (2018). Persönlichkeitsentwicklung und Coaching. In S. Greif, H. Möller, & W. Scholl (Hrsg.), *Handbuch Schlüsselkonzepte im Coaching* (S. 1–11). Springer.
- Straube, P. (2015). *Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik*. Logos.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99–110.
- Terhart, E. (2012). Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 2, 3–21. <https://doi.org/10.1007/s35834-012-0027-3>
- Terhart, E. (2014). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften – nach zehn Jahren. *DDS – Die Deutsche Schule*, 106(4), 300–323.
- Terracciano, A., McCrae, R. R., & Costa, P. T. (2008). Personality traits: Stability and change with age. *Geriatrics & Aging*, 11(8), 474–478.
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2002). How to calculate effect sizes from published research articles: A simplified methodology. *Work-Learning Research*. https://www.bwgriffin.com/gsu/courses/edur9131/content/Effect_Sizes_pdf5.pdf
- Ufert, D. (2015). Einbindung von Schlüsselkompetenzen in Studienabläufe. In D. Ufert (Hrsg.), *Schlüsselkompetenzen im Hochschulstudium. Eine Orientierung für Lehrende* (S. 23–34). Budrich.
- Uhl, S. (2006). Die Bildungsstandards, die Outputsteuerung und ihre Kritiker. Hessisches Kultusministerium, Institut für Qualitätsentwicklung. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/die_bildungsstandards_die_outputsteuerung_und_ihre_kritiker.pdf
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Urhahne, D. (2006). Ich will Biologielehrer/-in werden. Berufswahlmotive von Lehramtsstudierenden der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 111–125.
- van Dijk, E. M. (2009). Teachers’ views on understanding evolutionary theory: A PCK-study in the framework of the ERTE-model. *Teaching and Teacher Education*, 25(2), 259–267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2008.09.008>

- van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2006). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885–897. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.05.002>
- Van Driel, J. H., & Berry, A. (2010). Pedagogical content knowledge. In P. Peterson, E. Baker, & B. McGaw (Eds.), *International encyclopedia of education*, (Vol. 7, pp. 656–661). Elsevier.
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695.
- Vogel, T. (2011). Zum Theorie-Praxis-Verhältnis in der Lehrerbildung als Übergangsproblem. In T. Diehl, J. Krüger, & T. Vogel (Hrsg.), *bwp@Spezial 5 – Hochschultage Berufliche Bildung 2011, Workshop 14*. http://www.bwpat.de/ht2011/ws14/vogel_ws14-ht2011.pdf
- von Aufschnaiter, C., & Blömeke, S. (2010). Professionelle Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften erfassen – Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 361–367.
- Voss, T., & Kunter, M. (2011). Pädagogisch-psychologisches Wissen von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV-R* (S. 193–214). Waxmann.
- Voss, T., Kunter, M., Seiz, J., Hoehne, V., & Baumert, J. (2014). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens von angehenden Lehrkräften für die Unterrichtsqualität. *Zeitschrift für Pädagogik*, 60(2), 184–200.
- Voulvoulis, N., & Burgman, M. A. (2019). The contrasting roles of science and technology in environmental challenges. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(12), 1079–1106. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1565519>
- Waarlo, A. J. (2016). The Nature of Research in Didactics of Biology: A Dutch Perspective. In T. Tal, & A. Yarden (Eds.), *Proceedings of the 10th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Haifa, Israel, 2014, pp. 193–196.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–32). Beltz.
- Welter, V., Großschedl, J., & Schlüter, K. (2020). Biologie in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Perspektiven einer kompetenzorientierten Fachdidaktik. In C. Cramer, J. König, M. Rothland, & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 387–394). Klinkhardt/UTB.
- Welter, V., Herzog, S., Harms, U., Steffensky, M., & Großschedl, J. (zur Publikation angenommen). Do chemistry and biology teachers benefit equally from their second subject? *Journal of Research in Science Teaching*.
- WHO (2003). Skills for health: skills-based health education including life skills: an important component of a child-friendly/health-promoting school. World Health Organization. https://www.who.int/school_youth_health/media/en/sch_skills4health_03.pdf
- Wilhelm, M. (2012). Kompetenzorientierten Unterricht konzipieren – am Beispiel der Naturwissenschaften. *Haushalt in Bildung und Forschung*, 1(3), 15–30.

- Winde, M., & Schröder, J. (2014). *Hochschul-Bildungs-Report 2020. Jahresbericht 2014. Schwerpunkt: Lehrerbildung*. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V. http://www.stifterverband.de/bildungsinitiative/hochschul-bildungs-report_2014.pdf.
- Winde, M., & Schröder, J. (2019). *Hochschul-Bildungs-Report 2020. Jahresbericht 2019*. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V. <https://www.stifterverband.org/medien/hochschul-bildungs-report-2020-bericht-2019>
- Winther, E. (2018). Kompetenzerfassung und -entwicklung in der Bildungsforschung. In R. Tippelt, & B. Schmidt-Hertha (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (S. 1055–1070). Springer.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Hogrefe.
- Wißhak, S., & Hochholdinger, S. (2016). Analyse der Inhalte erziehungswissenschaftlicher Studiengänge im Hinblick auf eine spätere Tätigkeit in der berufsbezogenen Weiterbildung. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung - Report*, 39, 97–115.
- Wullschleger, A., & Birri, T. (2014). Kompetenzorientierten Unterricht planen. Diskussionsvorschlag zu einem theoriegestützten fachübergreifenden Rahmenmodell. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32(3), 399–413.
- Zaiser, R. (2018). *Der Siegeszug der Kompetenzen*. Verlag für Kultur und Wissenschaft.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O., & Seidel, J. (2011). Kompetenz und ihre Erfassung – das neue „Theorie-Empirie-Problem“ der empirischen Bildungsforschung? In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Stationen Empirischer Bildungsforschung* (S. 218–233). VS.

Danksagung

Zuvorderst bedanke ich mich bei J-Prof. Dr. Jörg Großschedl, der mir vertrauensvoll die Bearbeitung und Weiterentwicklung seiner Forschungsprojekte übereignet und mir damit die Abfassung dieser Dissertation überhaupt erst ermöglicht hat. Seit Aufnahme meiner Tätigkeit in seiner Arbeitsgruppe im Jahr 2016 hat er sich kontinuierlich darum bemüht, mir ein bestmögliches berufliches Milieu zur Verfügung zu stellen, in dem ich meine wissenschaftlichen Neigungen und Interessen in hohem Maße entfalten konnte. Er hat mich als exzellenter, engagierter Mentor begleitet und sowohl in fachlichen wie persönlichen Fragen stets beispiellos unterstützt. Das gemeinsame Arbeiten hat mir fortwährend große Freude bereitet und meinen persönlichen wie beruflichen Erfahrungsbereich erheblich bereichern können.

Zudem danke ich ...

- Prof. Dr. André Bresges für seine Bereitschaft, die Zweitbetreuung und -begutachtung im Rahmen meines Promotionsvorhabens zu übernehmen,
- Prof. Dr. Frank Schäbitz, welcher sich entgegenkommenderweise bereit erklärt hat, den Vorsitz in meinem Disputationsverfahren zu übernehmen,
- Dr.' Laura Ferreira González, die ohne Zögern angeboten hat, als Beisitzerin zu fungieren,
- J-Prof. Jörg Großschedls und meinen Coautorinnen, Prof.' Dr.' Kirsten Schlüter, Prof.' Dr.' Ute Harms, Prof.' Dr.' Mirjam Steffensky und Dr.' Stefanie Herzog, für die ausgesprochen angenehme Zusammenarbeit, die selbst unter Bedingungen hohen Zeitdrucks durchgehend von größtmöglicher Kooperativität und Wertschätzung geprägt war,
- den Herausgebenden des *Handbuchs Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, Prof. Dr. Colin Cramer, Prof. Dr. Johannes König, Prof. Dr. Martin Rothland und Prof.' Dr.' Sigrid Blömeke, welche mir entgegenkommenderweise die vormals noch im Druck befindliche Publikation zwecks Einbindung in meiner Dissertation vorab zur Verfügung gestellt haben,

- dem IPN Kiel für seine entgegenkommende Bereitschaft, einen Kooperationsvertrag mit dem Institut für Biologiedidaktik der Universität zu Köln abzuschließen, und so die Arbeit mit den Daten aus dem KiL-Projekt überhaupt erst zu ermöglichen,
- allen am KiL-Projekt beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IPN Kiel, deren exzellente wissenschaftliche Arbeit einen Großteil der Basis meiner eigenen Forschungstätigkeit bildet,
- der Leibniz-Gesellschaft und dem BMBF für die finanzielle Förderung des KiL-Projekts,
- Dr.' Gabriele Schwager-Büschges, die – gemeinsam mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der *Graduiertenschule für LehrerInnenbildung* der Universität zu Köln – unermüdlich ein beachtliches Ausmaß an Engagement aufbringt, um den Doktorierenden in allen Phasen ihrer jeweiligen Promotionsvorhaben treffsicher diejenigen individuellen Hilfestellungen zukommen zu lassen, die sie aktuell benötigen,
- den Mitgliedern des Promotionsausschusses der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln für ihre Konzilianz hinsichtlich der Zulassung zum Promotionsstudium im Bereich der Fachdidaktiken trotz meines vergleichsweise untypischen akademischen Hintergrunds eines Psychologiestudiums und
- meinen Kolleginnen und Kollegen sowie den Mitgliedern unseres institutsinternen Doktorierenden-Kolloquiums sowohl für einen fruchtbaren Austausch mit vielen hilfreichen Hinweisen und konstruktiver Kritik zu meiner Arbeit als auch für die zwischenmenschliche Unterstützung in allen erdenklichen bewegenden beruflichen wie privaten Momenten.

Abschließend möchte ich meine tiefe Dankbarkeit gegenüber den Mitgliedern meiner Familie und meines Freundeskreises aussprechen, die kontinuierlichen Einsatz gezeigt und ein beachtliches Maß an Flexibilität und nicht zuletzt Geduld aufgebracht haben, um mir auch in

privater Hinsicht eine bestmögliche Umgebung zur zielstrebigem Verfolgung meines Promotionsvorhabens zu gestalten.

Erklärung zur Verfügbarkeit von Primärdaten

Primärdaten, welche den in der vorliegenden Dissertation vorgestellten Ergebnissen zugrunde liegen, wurden im Rahmen der korrespondierenden Forschungsprojekte am Institut für Biologiedidaktik der Universität zu Köln sowie am IPN Kiel von den jeweils für die Projekte verantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern archiviert. Auf entsprechende Anfrage können diese Primärdaten – mit Ausnahme personenbezogener Daten der Versuchspersonen – zwecks Analyse oder Replikation als digitale Datei zur Verfügung gestellt werden. Eine derartige Anfrage ist per E-Mail an nachfolgend genannte Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner zu richten:

Projekt 1 (Kap. 3.1): J-Prof. Dr. Jörg Großschedl
E-Mail: j.grossschedl@uni-koeln.de

Projekt 2 (Kap. 3.2): Prof.' Dr.' Ute Harms (Didaktik der Biologie)
E-Mail: harms@leibniz-ipn.de

Prof.' Dr.' Dr.' Ilka Parchmann (Didaktik der Chemie)
E-Mail: parchmann@leibniz-ipn.de

Projekt 3 (Kap. 3.3): Prof.' Dr.' Ute Harms
E-Mail: harms@leibniz-ipn.de

Bornheim, den 31. Oktober 2020



Virginia Welter

Erklärung zur Dissertation

gemäß der Promotionsordnung vom 12. März 2020

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel und Literatur angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere an Eides statt, dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; dass sie – abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen und eingebundenen Artikeln und Manuskripten – noch nicht veröffentlicht worden ist sowie, dass ich eine Veröffentlichung der Dissertation vor Abschluss der Promotion nicht ohne Genehmigung des Promotionsausschusses vornehmen werde. Die Bestimmungen dieser Ordnung sind mir bekannt. Darüber hinaus erkläre ich hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten der Universität zu Köln gelesen und sie bei der Durchführung der Dissertation zugrundeliegenden Arbeiten und der schriftlich verfassten Dissertation beachtet habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen. Ich versichere, dass die eingereichte elektronische Fassung der eingereichten Druckfassung vollständig entspricht.

Teilpublikationen:

- [1] Großschedl, J., Welter, V., & Harms, U. (2018). A new instrument for measuring pre-service biology teachers' pedagogical content knowledge: the PCK-IBI. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21482>
- [2] Welter, V., Großschedl, J., & Schlüter, K. (2020). Biologie in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Perspektiven einer kompetenzorientierten Fachdidaktik. In C. Cramer, M. Drahm, J. König, M. Rothland, & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 387-394). Klinkhardt/UTB.

[3] Welter, V., Herzog, S., Harms, U., Steffensky, M., & Großschedl, J. (zur Publikation angenommen). School subjects' synergy and teacher knowledge: Do biology and chemistry teachers benefit equally from their second subject? *Journal of Research in Science Teaching*.

Bornheim, den 31. Oktober 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'V. Welter', written over a horizontal line.

Virginia Welter