Entwicklung von Messinstrumenten für Selbstwirksamkeitserwartungen und selbstberichtetes Fachwissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften

Dissertation
zur Erlangung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Doktorgrades
"Doctor rerum naturalium"
der Georg-August-Universität Göttingen

im Promotionsprogramm Grundprogramm Biologie
der Georg-August University School of Science (GAUSS)

vorgelegt von

Kevin Handtke

aus Großburgwedel

Göttingen, 2020

Betreuungsausschuss

Prof. Dr. Susanne Bögeholz, Didaktik der Biologie, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Sascha Schroeder, Pädagogische Psychologie, Georg-August-Universität-Göttingen

Prof. Dr. Monika Oberle, Didaktik der Politik, Georg-August-Universität Göttingen

Mitglieder der Prüfungskommission

Referent/in: Prof. Dr. Susanne Bögeholz, Didaktik der Biologie, Georg-August-Universität Göttingen

Korreferent/in: Prof. Dr. Sascha Schroeder, Pädagogische Psychologie, Georg-August-Universität-Göttingen

Weitere Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr. Monika Oberle, Didaktik der Politik, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Susanne Schneider, Didaktik der Physik, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Dieter Heineke, Dekanat Fakultät für Biologie und Psychologie, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Thomas Waitz, Didaktik der Chemie, Georg-August-Universität Göttingen

Tag der mündlichen Prüfung: 06.11.2020

Danksagung

Zu Beginn möchte ich gerne einigen Menschen danken, die mich während meiner Promotion unterstützt haben und ohne die dieses Ergebnis heute nicht möglich wäre.

Als Erstes möchte ich mich bei meiner Erstbetreuerin, Frau Prof. Dr. Susanne Bögeholz, bedanken. Sie hat mich auf diesem langen Weg begleitet und hat mich sowohl fachlich als auch menschlich unterstützt. Ihr verdanke ich überhaupt die Chance zu dieser Arbeit. Zudem möchte ich mich bei meinem Zweitbetreuer, Herrn Prof. Dr. Sascha Schroeder, für seine unkomplizierte Hilfsbereitschaft und methodische Beratung bedanken. Mein Dank gilt auch meiner Drittbetreuerin, Frau Prof. Dr. Monika Oberle, für die ertragreichen Diskussionen und Besprechungen besonders in der Phase der Konzeption und Messinstrumententwicklung.

Besonders in den aktuellen Zeiten gilt mein Dank auch den weiteren Mitgliedern der Prüfungskommission: Frau Prof. Dr. Susanne Schneider, Herrn Prof. Dr. Dieter Heineke und Herrn Prof. Dr. Thomas Waitz.

Bedanken möchte ich mich vor allem auch bei allen Studierenden, Referendar*innen und Lehrkräften, die an den Studien teilgenommen haben! Genauso gilt mein Dank denjenigen, die mir erlaubt haben diese Befragungen durchzuführen.

Ebenso möchte ich mich bei allen Kolleg*innen der Didaktik der Biologie für ein angenehmes und produktives Miteinander bedanken. Besonders möchte ich Marko für die schöne Zeit bei ihm als Hilfskraft und anschließend mit ihm als Kollegen bedanken. Bedanken möchte ich mich auch im Speziellen noch bei Lisa, Finn, Elena, Anette und Caro für eine schöne gemeinsame Zeit. An dieser Stelle sei auch allen Hilfskräften gedankt, die mich unterstützt haben, und auch Marcel, mit dem besonders zu Beginn der Arbeit ein intensiver Austausch über die Konzeption der Messinstrumente stattfand.

Ein besonderer Dank gilt selbstverständlich meinen Freunden und meiner Familie, die mir während dieser Arbeit immer zur Seite standen. Ein spezieller Dank geht an meine Freunde Ursula, Anna, Ann-Kathrin und Sascha, an meine gesamte Familie – insbesondere Heidi und Gabi – sowie selbstverständlich an Thore für seine bedingungslose Unterstützung und besonders an meine Eltern, Ewa und Thomas, ohne die ich diese Arbeit nie hätte verfassen können.

Vielen Dank!

SCHLÖZER PROGRAMM
LEHRERBILDUNG
FÄCHERVERNETZUNG | LEHRERKOMPETENZEN | DIVERSITÄT

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das dieser Dissertation zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1617 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

ALLE TRÄUME KÖNNEN WAHR WERDEN,

WENN WIR DEN MUT HABEN, IHNEN ZU FOLGEN.

WALT DISNEY

Zusammenfassung

Fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften ist national und international eine Herausforderung für (angehende) Lehrkräfte. In Deutschland wird dies an folgender Sachlage deutlich: Trotz der Anforderung, Naturwissenschaften fächerübergreifend zu unterrichten, gibt es bisher flächendeckend noch keine interdisziplinäre (Zusatz-)Ausbildung in den fächerübergreifenden Naturwissenschaften. Im Rahmen dieser Arbeit wird beleuchtet, inwiefern (angehende) Lehrkräfte glauben, dass sie die Herausforderung, fächerübergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten, bewältigen können – auch wenn sie nur zum Teil dafür ausgebildet werden.

Zu diesem Zweck wurden Messinstrumente für Selbstwirksamkeitserwartungen und selbstberichtetes Fachwissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften als Bestandteile selbstbezogener Fähigkeitskognitionen entwickelt. Dazu wurde ein Instrument für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe (Gymnasium und Gesamtschule) theoriebasiert mit Hilfe eines Modells zum fachdidaktischen Wissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften etabliert. Die Theoriebasierung stellt im Bereich von Instrumenten zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften eine Weiterentwicklung dar. Des Weiteren wurde basierend auf den Basiskonzepten von Curricula der naturwissenschaftlichen Fächer ein Messinstrument zur Erhebung selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik in der Sekundarstufe I entwickelt. In zwei bundesweiten Studien mit Studierenden, Referendar*innen und Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik (und Erdkunde in der Pilotierung; $n = 114$ und $n = 590$) konnten Argumente für die Objektivität, Reliabilität und diverse Formen der Validität dargelegt bzw. generiert werden. Dabei wurden unter anderem die Beziehungen zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten allgemein, zu wahrgenommenem Stress und dem akademischen Selbstkonzept in Biologie, Chemie und Physik im nomologischen Netz in den Blick genommen.

Beide Messinstrumente wurden eingesetzt, um teils aus anderen Kontexten bekannte und teils bisher unbekannte Einflussfaktoren im Kontext der Sekundarstufe bzw. Sekundarstufe I für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik zu identifizieren: die Unterrichtserfahrung, die Art und Anzahl der studierten naturwissenschaftlichen Fächer, die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften und die letzten Schulnoten in Biologie, Chemie und Physik.

Zusätzlich werden die ermittelten Testwerte von (angehenden) Lehrkräften zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften, zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik, deren Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften und deren Beurteilung der Ausbildung für fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften betrachtet. Schließlich wird die eigene Forschung übergreifend diskutiert und in das Forschungsfeld eingeordnet. Dabei wird transparent gemacht, welchen Beitrag die eigene Forschung zur Erweiterung der Wissensbasis zu Selbstwirksamkeitserwartungen und zu selbstberichtetem Fachwissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften leistet.

Abstract

Interdisciplinary science teaching is a national and international challenge for (prospective) teachers. In Germany, this is illustrated by the following situation: Despite the requirement of interdisciplinary science teaching, there is still no nationwide interdisciplinary science teacher education. This dissertation examines the extent to which (prospective) teachers believe that they can overcome the challenge of interdisciplinary science teaching, even though they are only partially trained to do so.

For this purpose, instruments regarding self-efficacy beliefs and self-rated content knowledge of interdisciplinary science teaching as components of self-related ability cognitions have been developed. To this end, an instrument for self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education (grammar school and comprehensive school) was established theory-based by operationalizing a pedagogical content knowledge model regarding interdisciplinary science teaching. The theory-based approach represents an advancement in the research area of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching instruments. In addition, based on the core ideas of the science subject curricula, an instrument has been developed for measuring self-rated content knowledge of biology, chemistry and physics in lower secondary education. In two nationwide studies with pre-service teachers, trainee teachers, and in-service teachers of the science subjects biology, chemistry, and physics (and earth science in the pilot testing; n = 114 and n = 590), hints on objectivity, reliability, and different forms of validity could be identified. For example, the relationships with self-efficacy beliefs of general teaching, perceived stress, and academic self-concept in biology, chemistry, and physics were examnied in a nomological net.

Both instruments were applied to identify partly known and partly previously unkown factors that have an impact on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching and the self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics in (lower) secondary education: teaching experience, number and type of science subjects studied, desire to teach science, and final grades in school in biology, chemistry, and physics. Additionally, this dissertation considers the (prospective) teachers‘ test values regarding self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching and self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics, (prospective) teachers‘ desire to teach interdisciplinary science and their assessment of teacher education for interdisciplinary science teaching. Finally, the own research is discussed generally and located in the research area. This reveals the contribution of the own research to expand

the knowledge base regarding self-efficacy beliefs and self-rated content knowledge of inter-disciplinary science teaching.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften – Definition, Anforderungen, Verortung, Diskussion 4

2.1 Definitionen fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften 4

2.2 Anforderungen des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften 7

2.3 Verortung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften 10

2.4 Argumente zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften 12

3 Selbstbezogene Fähigkeitskognitionen 15

3.1 Selbstwirksamkeitserwartungen 15

3.1.1 Quellen der Selbstwirksamkeitserwartungen 17

3.1.2 Individuelle Auswirkungen der Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Lehrkräften 19

3.1.3 Überblick über bisherige Messinstrumente zu Selbstwirksamkeits-erwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften 22

3.1.4 Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften 24

3.2 Selbstberichtetes Fachwissen 28

3.2.1 Bedeutung des selbstberichteten Fachwissens 29

3.2.2 Anforderungen an das naturwissenschaftliche Fachwissen von (angehenden) Lehrkräften 30

3.2.3 Überblick über bisherige Messinstrumente zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 31

3.2.4 Einflussfaktoren auf das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 31

4 Validierung eines Messinstruments am Beispiel der Selbstwirksamkeits-erwartungen 33

5 Forschungsstrategie 37

5.1 Forschungsschwerpunkt 1: Entwicklung von Messinstrumenten für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und für selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 37

5.2 Forschungsschwerpunkt 2: Einflussfaktoren für Selbstwirksamkeits-erwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und für selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 41

5.3 Überblick über die Studien und Publikationen (inklusive des Manuskripts) 43

6 Publikationen und Manuskript 45

6.1 Publikation 1: Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument: Drafting a theory-based measurement 45

6.2 Publikation 2: Arguments for construct validity of the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument 45
6.3 Publikation 3: Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching 45
6.4 Manuskript: Factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education 46
7 Synthese der Ergebnisse zu den Forschungsschwerpunkten 1 und 2 86
7.1 Das SElf-ST Instrument 87
7.2 Das Instrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 96
7.3 Einflussfaktoren auf Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und auf selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 101
8 Diskussion der Ergebnisse 103
8.1 Hohe Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften 103
8.1.1 Methodisches Problem des Konstrukts Selbstwirksamkeitserwartungen 105
8.1.2 Fehleinschätzungen der Testpersonen hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften 106
8.1.3 Unterschiede zwischen den selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen zum fachdidaktischen Wissen und zum Fachwissen 108
8.1.4 Zum Verhältnis von Ausbildung für und Bereitschaft zu fächerübergreifendem Unterrichten von Naturwissenschaften 111
8.2 Diskussion und Einordnung der eigenen Forschung 115
8.2.1 Stärken der Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 115
8.2.2 Grenzen der vorliegenden Forschung 117
8.2.3 Repräsentativität der Stichprobe der Hauptstudie 119
8.2.4 Internationale Anschlussfähigkeit der Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik sowie die der Ergebnisse 120
9 Überlegungen zu zukünftiger Forschung 125
10 Fazit 128
11 Literaturverzeichnis 129
12 Lebenslauf 141

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über die drei Hauptbereiche von Validität: Inhaltsvalidität, Konstruktvalidität und Kriteriumsvalidität 33

Abbildung 2: Übersicht über die Publikationen, die jeweiligen verwendeten Stichproben und die inhaltliche Verortung im Gesamtkontext 44

Abbildung 3: Übersicht über die drei Hauptbereiche von Validität mit der Verortung empirischer Untersuchungen in den Publikationen und dem Manuskript zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften 88

Abbildung 4: Überblick über die Funktion der eingesetzten Konstrukte und Variablen zur Validierung des Messinstruments zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften 95

Abbildung 5: Überblick über die Funktion der eingesetzten Konstrukte und Variablen für die Validierung des Messinstruments zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik 100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispielhafte Übersicht über bereits vorhandene interdisziplinäre naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer in verschiedenen Bundesländern, Schulformen und Klassenstufen 10

Tabelle 2: Basiskonzepte der Fächer Biologie, Chemie und Physik für den mittleren Schulabschluss auf bundesdeutscher Ebene 31

Tabelle 3: Übersicht über die Korrelationen zwischen den Faktoren des selbstberichteten Fachwissens in Pilotierung und Hauptstudie und in der Pilotierung ohne die Testpersonen, die nur Erdkunde studierten 98

Tabelle 4: Übersicht über Einflussfaktoren in Pilotierung und Hauptstudie mit der jeweiligen Quellenangabe 101

Tabelle 5: Mittelwerte der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften mit zugehörigen Standardabweichungen in Pilotierung und Hauptstudie auf Ebene der Faktoren und über alle zehn Faktoren hinweg im Vergleich 104

Tabelle 6: Testwerte zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften von (angehenden) Lehrkräften aus bereits erfolgten Studien 105

Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Faktoren des selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik in der Pilotierung und in der Hauptstudie aufgeteilt nach den studierten naturwissenschaftlichen Fächern 108

Tabelle 8: Korrelationen zwischen übergreifenden Items zu Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und einer generellen Aussage hinsichtlich fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften (n = 563) 110

Tabelle 9: Kreuztabelle der übergreifenden Items zur Beurteilung der Ausbildung und der eigenen Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften (n = 574) 112

Tabelle 10: Vergleich der Basiskonzepte und Themenbereiche in Biologie, Chemie und Physik in Niedersachsen mit den Themenbereichen der Nationalen Bildungsstandards für die Naturwissenschaften in der Schweiz und mit den ausgewiesenen Inhalten der Nationalen Curricula in England 122–123

Abkürzungsverzeichnis

Destatis	Statistisches Bundesamt
EDK	Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren
KMK	Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
MNU	Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.
PCK	Pedagogical content knowledge
PISA	Programme for International Student Assessment
SElf-ST	Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching
STEBI	Science Teaching Efficacy Belief Instrument
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study

1 Einleitung

Europaweit findet Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I sowohl disziplinär in drei getrennten Unterrichtsfächern als auch interdisziplinär als ein Unterrichtsfach statt (Forsthuber et al., 2011, S. 60, 62). Auch in der Sekundarstufe I in Deutschland wird sowohl disziplinär als auch interdisziplinär in den Naturwissenschaften unterrichtet (Forsthuber et al., 2011, S. 60, 62). Interdisziplinärer Unterricht in den Naturwissenschaften bezieht sich in dieser Arbeit dabei auf ein Unterrichtsfach, das die drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik beinhaltet (auch: integriert; Labudde, 2017, S. 3). Zudem wird diese interdisziplinäre Variante des Unterrichtsfachs Naturwissenschaften mit den drei inkludierten Naturwissenschaften von nur einer Lehrkraft unterrichtet (auch: integriert; Metzger, 2010, S. 32).

Der Anteil an interdisziplinärem naturwissenschaftlichem Unterricht in Deutschland nimmt dabei weiter zu: Der fächerübergreifende Unterricht von Naturwissenschaften ist historisch in der Gesamtschule beheimatet (Reinhold & Bünder, 2001, S. 334). Gleichzeitig steigt die Anzahl an Integrierten Gesamtschulen in Deutschland (von 2010 bis 2018 um 108,15 %; Statistisches Bundesamt [Destatis], 2020, S. 19) sowie die Anzahl der Schüler*innen an dieser Schulform immer weiter (von 2010 bis 2018 um 77,99 %; Destatis, 2020, S. 45). Dies lässt vermuten, dass auch der interdisziplinäre Unterricht von Naturwissenschaften im Laufe der Zeit zugenommen hat und dass immer mehr Lehrkräfte dieses Unterrichtsfach Naturwissenschaften unterrichten müssen. Heutzutage ist fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften aber nicht mehr ausschließlich eine Anforderung an Gesamtschulen, da fächerübergreifender Unterricht von Naturwissenschaften inzwischen auch zunehmend an Gymnasien stattfindet (Graube et al., 2013, S. 177). So wurde als Folge der nicht zufriedenstellenden Ergebnisse bei PISA (*Programme for International Student Assessment*) und TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht in den Klassen 5 und 6 vieler Bundesländer eingeführt (Rehm & Stäudel, 2017, S. 10).

Während immer mehr (angehende) Lehrkräfte folglich mit dem fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften konfrontiert sind, findet die Lehramtsausbildung in Deutschland aber immer noch zumeist disziplinär für in der Regel zwei Fächer statt (Neumann et al., 2017, S. 38). Eine Herausforderung, die daraus für die meisten (angehenden) Lehrkräfte resultiert, ist das (teilweise) fachfremde Unterrichten der naturwissenschaftlichen Fächer im Fächer-

verbund Naturwissenschaften (Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 434). Fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften stellt also eine neue und komplexe Herausforderung für (angehende) Lehrkräfte in Deutschland dar, weil sie in der Regel eines oder sogar zwei der Fächer Biologie, Chemie und Physik nicht studiert haben.

Inwiefern glauben diese (angehenden) Lehrkräfte trotzdem, dass sie diese für sie schwierige und neue Herausforderung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften meistern können? In diesem Kontext spielen selbstbezogene Fähigkeitskognitionen eine wichtige Rolle. Sie sind Teil des Aspekts *Motivationale Orientierungen* im Rahmen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2011, S. 42). Selbstbezogene Fähigkeitskognitionen sind z. B. wichtig, um das Verhalten von Personen vorherzusagen (Retelsdorf et al., 2014, S. 98). Bandura (1997, S. 2–3) stellt z. B. die Hypothese auf, dass eine Person, die nicht glaubt, etwas schaffen zu können, es gar nicht erst versuchen wird. In diesem Kontext spielen die sogenannten Selbstwirksamkeitserwartungen als eine selbstbezogene Fähigkeitskognition eine entscheidende Rolle (Bandura, 1997, S. 3). Sie beschreiben, inwiefern eine Person daran glaubt, dass sie die Fähigkeiten besitzt, um eine schwierige oder neue Aufgabe auszuführen (Bandura, 1997, S. 3; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35). Daher nehmen Selbstwirksamkeitserwartungen auch eine zentrale Rolle ein, wenn es um die Befähigung (angehender) Lehrkräfte für das Unterrichten von Naturwissenschaften geht. Zusätzlich wird diese Rolle dadurch bestärkt, dass die Bedeutung affektiver Komponenten professioneller Kompetenz heutzutage in der Forschung anerkannt ist (Shulman, 2015, S. 9).

Ein weiteres Konstrukt aus dem Bereich selbstbezogener Fähigkeitskognitionen ist das selbstberichtete Fachwissen als Teil des akademischen Selbstkonzepts (Dickhäuser et al., 2002, S. 394; Möller & Köller, 2004, S. 19; Oberle, 2012, S. 27). Ähnlich wie Selbstwirksamkeitserwartungen ist auch das selbstberichtete Fachwissen eine affektive Komponente professioneller Kompetenz und bezieht sich auf die Wahrnehmung eigener Fähigkeiten (Oberle, 2012, S. 50). Selbstwirksamkeitserwartungen fokussieren sich auf bestimmte Handlungen, die ausgeführt werden sollen, während selbstberichtetes Fachwissen sich auf Wissen bezieht (Bandura, 1997, S. 3; Oberle, 2012, S. 50; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35). Selbstberichtetes Fachwissen steht laut bisheriger Forschung zudem im Zusammenhang mit Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Velthuis et al., 2014, S. 455; Yangin & Sidekli, 2016, S. 60). Deshalb sind beide Konstrukte von Interesse, um die empfundene eigene Befähigung (angehender) Lehrkräfte zum Unterrichten von Naturwissenschaften in den Blick zu neh-

men. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Selbstwirksamkeitserwartungen, da sie insbesondere die Bewältigung neuer und schwieriger Anforderungen wie die des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften fokussieren (Bandura, 1997, S. 3; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35).

Im Bereich des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften gibt es zudem den Wunsch nach einem neuen Messinstrument der entsprechenden Selbstwirksamkeitserwartungen (Cakiroglu et al., 2012, S. 458). Dies gilt insbesondere für die Sekundarstufe, da Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften bisher meistens für die Primarstufe untersucht wurden (Blonder et al., 2014, S. 9). In der Forschung gibt es zudem die Forderung, Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften zu fördern bzw. Maßnahmen dafür zu entwickeln und Einflussfaktoren auf selbige zu identifizieren (Allinder, 1995, S. 252; Aurah & McConnell, 2014, S. 237; Blonder et al., 2014, S. 11–13; Kahraman et al., 2014, S. 504). Um Aussagen über die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in den Naturwissenschaften der (angehenden) Lehrkräfte treffen zu können, sind Messinstrumente notwendig, die diese beiden Konstrukte zuverlässig erfassen. Erst darauf aufbauend kann zusätzlich die Identifikation von Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und auf das selbstberichtete Fachwissen in den Naturwissenschaften in den Blick genommen werden.

Ein Ziel dieser Arbeit war folglich die Identifikation von Desideraten in der Forschung zu Messinstrumenten für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und für selbstberichtetes Fachwissen in den Naturwissenschaften und die darauf aufbauende Entwicklung von entsprechenden Messinstrumenten. Mit diesen Instrumenten soll ermöglicht werden, herauszufinden, inwiefern sich (angehende) Lehrkräfte vorbereitet fühlen, fächerbergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten, ohne alle Bestandteile dieses Faches studiert zu haben. Ein weiteres Ziel war darauf aufbauend, im Kontext der Sekundarstufe mögliche Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und auf das selbstberichtete Fachwissen in den Naturwissenschaften zu identifizieren.

2 Fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften – Definition, Anforderungen, Verortung, Diskussion

Der Hintergrund und der Ausgangspunkt für diese Arbeit und die angeschlossenen Forschungsarbeiten ist das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften. Diese Arbeit beschäftigt sich nicht mit der Wirksamkeit von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht und der Frage, ob ein solcher Unterricht sinnvoll ist. Bezüglich empirischer Belege für die Wirksamkeit des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften empfiehlt sich z. B. Labudde (2014, S. 16–18), der einige Studien zusammenfassend präsentiert. Diese Arbeit nimmt eine andere Perspektive ein. Im Fokus dieser Arbeit steht das Interesse daran, inwiefern Lehrkräfte glauben, dass sie fächerübergreifend Naturwissenschaften unterrichten können. Aber was bedeutet eigentlich fächerübergreifender Unterricht von Naturwissenschaften, was zeichnet ihn aus und welche Anforderungen bringt er mit sich?

2.1 Definitionen fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften

Im Rahmen fächerübergreifenden Unterrichts und entsprechender Curricula in der naturwissenschaftlichen Domäne gibt es zahlreiche Versuche, Begriffe wie *integrated*, *multidisciplinary*, *interdisciplinary* oder *thematic* zu definieren (z. B. Forsthuber et al., 2011, S. 59; Geraedts et al., 2006, S. 307; Golding, 2009, S. 3; Hurley, 2001, S. 263; Lederman & Niess, 1997, S. 57; Nagle, 2013, S. 144)[1]. Aus dem breiten Spektrum möglicher Bezeichnungen für fächerübergreifenden Unterricht sollen zunächst zwei mögliche Definitionen von möglichen Umsetzungsformen präsentiert werden: der *multidisziplinäre* und der *interdisziplinäre* Unterricht (Broggy et al., 2017, S. 81; Golding, 2009, S. 3). Broggy et al. (2017, S. 81) definieren multidisziplinären Unterricht so, dass mehrere Fächer mit ihrer eigenen Perspektive, aber getrennt voneinander zu einem Thema beitragen. Interdisziplinärer Unterricht hingegen identifiziert über verschiedene Fächer hinweg gemeinsame Konzepte, um ein Thema zu bearbeiten (Broggy et al., 2017, S. 81). Es gibt Überschneidungen zwischen den Fächern und mit dem Thema und die Fächer sind in einem Fach integriert („truly integrated“) (Broggy et al., 2017, S. 81). Auch Golding (2009, S. 3) unterscheidet zwischen interdisziplinär als Integration mehrerer unterschiedlicher Fachdisziplinen und multidisziplinär als Perspektiven verschiedener Fächer zum selben Thema ohne eine Integration in einem Fach.

[1] Czerniak und Johnson (2014) präsentieren in diesem Kontext auch eine historische Übersicht über erfolgte Definitionen.

Vergleicht man diese Definitionen beispielsweise mit Lederman und Niess (1997, S. 57), definieren sie im Kontext fächerübergreifenden Unterrichts drei Begriffe: *integrated*, *interdisciplinary* und *thematic*. *Integrated* beschreibt dabei die unterschiedlichen Fächer als ein Ganzes, in dem es keine klaren Unterscheidungen zwischen den Fächern mehr gibt (Lederman & Niess, 1997, S. 57). Dabei fokussiert diese Form auf realweltliche Probleme (Lederman & Niess, 1997, S. 57). Beim Ansatz *interdisciplinary* hingegen bleiben die Grenzen der einzelnen Fächer mit ihren speziellen Eigenschaften erhalten, wobei aber trotzdem Verbindungen zwischen den Fächern hergestellt werden (Lederman & Niess, 1997, S. 57). Abschließend beschreibt *thematic* einen Ansatz, in dem die Fachgrenzen überschritten werden und der somit ähnlich zu *integrated* ist (Lederman & Niess, 1997, S. 57). Dabei werden aber nicht spezifische Probleme, sondern eher breitere Themen fokussiert (Lederman & Niess, 1997, S. 57). Schon an diesem Beispiel zeigt sich eine andere und im Grunde gegensätzliche Verwendung des Begriffes *interdisciplinary* im Vergleich zu den vorherigen Definitionen z. B. von Broggy et al. (2017, S. 81). Zudem wird mal *integrated*, mal *interdisciplinary* verwendet und die Frage bleibt offen, ob sich diese Begriffe nur auf das Unterrichten der Inhalte auf inhaltlicher Ebene beziehen oder ob auch die organisatorische Ebene der Unterrichtsfächer gemeint ist.

Diese kurzen Einblicke verdeutlichen: Eines der Probleme fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der bisherigen Forschung ist, dass es keine einheitliche Definition gibt, was auch darin resultierte, dass Begriffe unterschiedlich genutzt wurden (Czerniak & Johnson, 2014, S. 406; Labudde, 2003, S. 53, 2008, S. 10). Insgesamt wird deutlich, warum beispielsweise Labudde (2014, S. 14) von einem „Begriffswirrwarr" spricht, das „gewaltig" ist. Um solche konträren Verwendungen desselben Begriffes und anderweitige Verwirrungen zu verhindern, wurde ein weiterer Ordnungsversuch, der auch für diese Arbeit maßgebend ist, von Labudde (2003, S. 54, 2008, S. 8–9) unternommen. Labuddes (2003, S. 54) Klassifizierung fußt dabei nach eigener Angabe auf verschiedenen, bereits existierenden Klassifizierungen (Häußler et al., 1998; Heitzmann, 1999; Huber, 1994, 1998; Kremer & Stäudel, 1997, zitiert nach Labudde, 2003, S. 53–54). Im Gegensatz zu vielen anderen Definitionen nimmt Labudde (2003, S. 53–54) eine wichtige Unterscheidung vor, die Klarheit in den Definitionen ermöglicht: die Differenzierung zwischen der Ebene der Inhalte/Fachdisziplinen (Labudde, 2003, S. 53–54, 2008, S. 8, 2017, S. 4) und der Ebene der Stundentafel (Labudde, 2003, S. 53–54, 2008, S. 9). Die Inhalte im fächerübergreifenden Unterricht können *fächerüberschreitend/intradisziplinär*, *fächerverbindend/multidisziplinär* oder *fächerkoordinierend/themenorientiert/interdisziplinär im engeren Sinne* sein (Labudde, 2017, S. 4). *Fächerüberschreitend* beschreibt dabei, dass ein

Erkenntnis- oder Wissenstransfer einseitig von einem in ein anderes Fach stattfindet (Labudde, 2017, S. 4). *Fächerverbindender* Unterricht geht einen Schritt weiter und fokussiert Basiskonzepte (z. B. Energie) oder Methoden, die Fächer gemeinsam haben, und zielt auf eine wechselseitige Verknüpfung ab (Labudde, 2017, S. 4). *Fächerkoordinierender* Unterricht fokussiert darauf aufbauend ein übergeordnetes Thema wie z. B. den Klimawandel, das dann aus Sicht verschiedener einzelner Schulfächer untersucht wird (Labudde, 2017, S. 4). Auf Ebene des Stundenplans definiert Labudde (2014, S. 15) zum einen den Begriff *integriert*: die Ausweisung der Fächer Biologie, Chemie und Physik als ein Unterrichtsfach. Dieses wird von nur einer Lehrperson alleine unterrichtet (Metzger, 2010, S. 32). Alternativ dazu ist die *fächerergänzende* Form, bei der alle Einzelfächer erhalten bleiben und es ein zusätzliches fächerübergreifendes Angebot gibt (Labudde, 2014, S. 15). Auf der Organisationsebene gibt es diverse mögliche Formen (Integrationsfach, Epochenunterricht, Blockwochen, Naturwissenschaftliches Labor, Wahl(pflicht)fach oder zeitlich befristete Kooperation; Labudde, 2017, S. 4–6).

Für diese Arbeit und folglich auch die zugehörigen Forschungsarbeiten steht die auf dem Stundenplan *integrierte* Variante fächerübergreifenden Unterrichts im Fokus, die inhaltlich *fächerkoordinierend/interdisziplinär* ausgerichtet ist (Labudde, 2008, S. 8–9; Metzger, 2010, S. 32). Somit steht die anspruchsvollste Form fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften im Fokus, die zudem von einer Lehrkraft alleine bewältigt werden muss (Metzger, 2010, S. 32). Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird für diese Art des fächerübergreifenden Unterrichts von Naturwissenschaft der Begriff *interdisziplinär* verwendet.

2.2 Anforderungen des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften

Nachdem Klarheit darüber geschaffen wurde, wie fächerbergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften in dieser Arbeit verstanden wird, stellt sich die Frage, welche Anforderungen an die (angehenden) Lehrkräfte bestehen, die dieses interdisziplinäre Unterrichtsfach unterrichten müssen. Ein entscheidender Faktor für einen guten Unterricht ist das fachdidaktische Wissen (*pedagogical content knowledge*; PCK) von Lehrkräften (z. B. Baumert et al., 2010, S.°162–164; Sadler et al., 2013, S.°1038, 1043). Zudem ist fachdidaktisches Wissen neben Fachwissen und pädagogischem Wissen ein zentraler Bestandteil der Ausbildung (Neumann et al., 2017, S. 38–40). Daher ist das fachdidaktische Wissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften eine zentrale Anforderung an die (angehenden) Lehrkräfte, wenn sie fächerübergreifend Naturwissenschaften unterrichten sollen. In der Forschung hat die Entwicklung von Modellen zum fachdidaktischen Wissen eine lange Tradition, zu der Neumann et al. (2019) eine aktuelle Übersicht vorlegen. Um die Anforderungen im Rahmen des fachdidaktischen Wissens konkret zu spezifizieren, ist ein Modell notwendig, das die einzelnen Komponenten des fachdidaktischen Wissens möglichst genau definiert. Das aktuellste Modell, das diese Komponenten genau definiert, ist das *Pentagon Model* von Park und Chen (2012, S. 925). Neuere Modelle wie das *Consensus Model* von Gess-Newsome (2015, S.°31) und das *Refined Consensus Model* von Carlson et al. (2019, S. 83) eignen sich weniger, um die konkreten Anforderungen und Komponenten fachdidaktischen Wissens zu spezifizieren (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4).

Das *Consensus Model* liefert kaum Informationen darüber, was die Bestandteile fachdidaktischen Wissens genau sind (Neumann et al., 2019, S.°856). Das *Consensus Model* (Gess-Newsome, 2015, S. 31) fokussiert mehr auf die Kontextualisierung des professionellen Wissens von Lehrkräften im Gesamtbild des Unterrichtens (Verstärker/Filter von Prozessen, Einfluss auf Ergebnisse der Schüler*innen etc.). Auch das *Refined Consensus Model* (Carlson et al., 2019, S. 83) fokussiert nicht, was fachdidaktisches Wissen ausmacht (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 7), sondern es fokussiert mehr, wie fachdidaktisches Wissen sich entwickelt (Park, 2019, S. 124). Folglich wurden die Bestandteile des fachdidaktischen Wissens in diesen beiden neueren Modellen (Carlson et al., 2019, S. 83; Gess-Newsome, 2015, S. 31) weniger genau spezifiziert als im *Pentagon Model* von Park und Chen (2012, S. 925) (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4, 7).

Das *Pentagon Model* des fachdidaktischen Wissens zum Unterrichten von Naturwissenschaften wurde von Park und Chen (2012, S. 925) ausgehend von dem Modell von Magnusson et al.

(1999, S. 99) von Park (2005, S. 29) sowie Park und Oliver (2008a, S. 815, 2008b, S. 279) auf Basis qualitativer empirischer Ergebnisse z. B. aus der Unterrichtspraxis entwickelt (z. B. Park & Chen, 2012, S. 927)[2]. Das *Pentagon Model* von Park und Chen (2012, S. 925) fokussiert die konkreten inhaltlichen Komponenten fachdidaktischen Wissens zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4). Das Modell beinhaltet fünf gleichwertige und miteinander in Beziehung stehende Kategorien fachdidaktischen Wissens zum Unterrichten von Naturwissenschaften, die in diverse Subkategorien unterteilt sind (Park & Chen, 2012, S. 925).

Handtke und Bögeholz (2019a, S. 5) präsentieren im Detail, welche Kategorien und Subkategorien das Modell von Park und Chen (2012, S. 925) beinhaltet und wie sie genau definiert sind. Die Kategorien und Subkategorien des *Pentagon Model* lauten ausgehend von Park und Oliver (2008a, S. 815) nach Park und Chen (2012, S. 925) im Überblick:

1. **Orientation to Teaching Science**
    - Beliefs about Purposes of Learning Science
    - Decision Making in Teaching
    - Beliefs about the Nature of Science
2. **Knowledge of Students‘ Understanding in Science**
    - Misconceptions
    - Need
    - Learning Difficulties
    - Motivation and Interest
3. **Knowledge of Science Curriculum**
    - Curriculum Materials
    - Vertical Curriculum
    - Horizontal Curriculum
4. **Knowledge of Assessment of Science Learning**
    - Dimensions of Science Learning to Assess
    - Methods of Assessing Science Learning

[2] Nachdem an dieser Stelle die Entstehungsgeschichte des Modells von Park und Chen (2012, S. 925) beschrieben wurde, wird in dieser Arbeit und auch in den angeschlossenen Forschungsarbeiten nur diese aktuellste Version des Modells als Referenz herangezogen.

5. **Knowledge of Instructional Strategies for Teaching Science**
    - Topic-specific Strategies
        - Representations
        - Activities
    - Subject-specific Strategies

Vier der Kategorien fokussieren konkrete Wissenskategorien und somit klare Anforderungen an (angehende) Lehrkräfte beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften, die erlernt werden können (Park & Chen, 2012, S. 925). Die Kategorie *Orientation to Teaching Science* fokussiert eher Einstellungen und übergreifende Konzepte von (angehenden) Lehrkräften zu den Zwecken und Zielen des Unterrichtens von Naturwissenschaften (Grossman, 1990, S. 8; Park & Oliver, 2008b, S. 266). Daher stellt diese Kategorie weniger eine konkrete Anforderung an das fachdidaktische Wissen von (angehenden) Lehrkräften beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften dar.

2.3 Verortung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften

Zusätzlich zu den Anforderungen, die das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften mit sich bringt, ist von Interesse, wie weit diese Art des Unterrichtens inzwischen verbreitet ist. Neben einem kurzen Einblick in die internationale Lage steht die Ausgangslage in Deutschland in der Sekundarstufe I im Fokus.

International ist fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I einiger europäischer Länder wie z. B. Belgien, Italien, Island, Norwegen, der Schweiz oder der Türkei bereits integriert worden (Forsthuber et al., 2011, S. 60, 62; Labudde, 2017, S. 3; Rehm & Stäudel, 2017, S. 10). Auch über Europa hinaus existiert bereits fächerübergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften z. B. in den USA, wo das interdisziplinäre Unterrichten von Naturwissenschaften eine lange Tradition aufweist (Labudde, 2017, S. 7; Rehm & Stäudel, 2017, S. 8, 10). Wie ist aber die Ausgangslage in Deutschland?

In Deutschland hat fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften seinen Ursprung in den Gesamtschulen (Reinhold & Bünder, 2001, S. 334). Daher ist er bis heute auch häufig Teil des Fächerkanons an dieser Schulform (z. B. in Niedersachsen: Niedersächsisches Kultusministerium, 2020). Fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften ist heutzutage in Deutschland aber nicht mehr nur noch ein Thema an Gesamtschulen, sondern inzwischen auch zunehmend an Gymnasien verortet (Graube et al., 2013, S. 177). Naturwissenschaftlicher fächerübergreifender Unterricht existiert beispielsweise bereits an mehreren Stellen in Deutschland (Tabelle 1):

Tabelle 1: Beispielhafte Übersicht über bereits vorhandene interdisziplinäre naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer in verschiedenen Bundesländern, Schulformen und Klassenstufen.

Bundesland (Nachweis)	**Schulform**	**Klassenstufe**	**Unterrichtsfach**
Baden-Württemberg (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016a, 2016b)	Gymnasium / Gesamtschule	Klasse 5 und 6	Biologie, Naturphänomene und Technik
Niedersachsen (Niedersächsisches Kultusministerium, 2020)	Gesamtschule	Klasse 5 bis 10	Naturwissenschaften
Thüringen (Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport, 2015a, 2015b)	Gymnasium / Gesamtschule	Klasse 5 und 6	Mensch-Natur-Technik
Thüringen (Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport, 2018)	Gymnasium	Klasse 9 und 10 (Wahlpflichtfach)	Naturwissenschaften und Technik

Graube et al. analysierten zudem schon 2013 (S. 177), dass bereits in einigen Bundesländern in der gymnasialen Orientierungsstufe (Klassen 5/6) Verbundfächer zu Naturwissenschaften (und Technik) existieren. Küster (2014, S. 109) erweitert den Befund interdisziplinärer Ansätze in den Naturwissenschaften in Deutschland zudem auch auf die anderen Schulformen der Sekundarstufe I wie Gemeinschaftsschulen oder Realschulen. Diese Befunde verdeutlichen bereits, dass es sich beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften um eine Herausforderung handelt, die nicht mehr nur einzelne Schulformen oder Bundesländer betrifft. Das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften ist in Deutschland an verschiedenen Schulformen zahlreicher Bundesländer vertreten (z. B. Graube et al., 2013, S. 177; Küster, 2014, S. 109).

Zugleich wird aber nur vereinzelt regional ein Studium für das interdisziplinäre Unterrichten von Naturwissenschaften (und Technik) angeboten wie z. B. an dem Karlsruher Institut für Technologie für *Naturwissenschaft und Technik*. Zumeist wird in Deutschland wie z. B. in Niedersachsen kein interdisziplinäres Studium für die fächerübergreifenden Fächer, sondern ein disziplinäres Studium für die einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer angeboten (Neumann et al., 2017, S. 38). Eine Folge dessen kann das (teilweise) fachfremde fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften sein (z. B. Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 434), weil die (angehenden) Lehrkräfte in Deutschland in der Regel eines oder maximal zwei der drei Schulfächer Biologie, Chemie und Physik studiert haben (Neumann et al., 2017, S. 38, 50). Aber auch international wird anerkannt, dass es dazu kommen kann, dass Lehrkräfte mit *science* ein Fach unterrichten müssen, das sie formal (teilweise) nicht studiert haben und für das sie nicht ausreichend vorbereitet sind (Carlson et al., 2019, S. 91; Nagle, 2013, S. 145). International wird von dem, was wir in Deutschland als (teilweise) fachfremdes Unterrichten verstehen, als *out-of-field teaching* gesprochen (Ingersoll, 2005, S. 175). Die Gründe für das fachfremde Unterrichten von Naturwissenschaften mögen in diesen Ländern anderer Natur sein als in Deutschland, aber das Problem fachfremden Unterrichtens von interdisziplinären Naturwissenschaften existiert somit national wie international. Zudem ist international die Rede davon, dass die Vorbereitung und Ausbildung (angehender) naturwissenschaftlicher Lehrkräfte eine der komplexen Herausforderungen im Bereich von *science education* ist (Anderman et al., 2012, S. 90). Dies zeigt insgesamt die Bedeutung des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften in Deutschland wie auch über Deutschland hinaus auf.

2.4 Argumente zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften

Abschließend für den Themenkomplex des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften soll kompakt dargestellt werden, wie fächerübergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften in Deutschland gesehen wird. Diese Diskussion wird dabei lediglich skizziert, da die Untersuchung der Wirksamkeit und Sinnhaftigkeit fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften nicht der Fokus dieser Arbeit ist. Dieser Arbeit liegt die Annahme zugrunde, dass es fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften bereits gibt. In Deutschland haben die Diskussion um das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften und damit verbundene Kontroversen eine lange Geschichte (zur Geschichte fächerübergreifender Naturwissenschaften in Deutschland siehe Rehm & Stäudel, 2017; Reinhold & Bünder, 2001). Rehm und Stäudel (2017, S. 9) sowie Labudde (2014, S. 13) betiteln den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht gar als „Spielball der Bildungspolitik“. Labudde (2014, S. 13) beklagt zudem, dass beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften wenig mit abgesicherten Erkenntnissen und mehr mit gefühlten Wahrheiten argumentiert wird. Im Diskurs um fächerübergreifenden Unterricht in den Naturwissenschaften gibt es allerdings fern von politischen Einstellungen diverse inhaltliche Argumente für und gegen diese Art des Unterrichtens. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Argumente auf empirischen Belegen fußen.

Eines der zentralen Argumente für fächerübergreifenden Unterricht ist die Vernetzung der Inhalte (Labudde, 2014, S. 13). Dabei wird zum einen darauf angespielt, dass das Vorwissen der Schüler*innen meist nicht nach Fachdisziplinen getrennt ist und somit besser in den Unterricht integriert werden kann (Labudde, 2014, S. 13). Zudem können auch verschiedene alte und neue Inhalte unterschiedlicher Fächer im fächerübergreifenden Unterricht besser verknüpft werden (Labudde, 2014, S. 13). Dies ermöglicht in der Folge die ganzheitliche und umfassende Behandlung von naturwissenschaftlichen Themen (Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 436). Daran anschließend sind die großen Probleme der Menschheit wie der Klimawandel oder die Energieversorgung nur fächerübergreifend zu lösen (Labudde, 2003, S. 51). Ein fächerübergreifender Unterricht von Naturwissenschaften könnte die Schüler*innen dazu befähigen, solche Probleme zu beschreiben und durch Vernetzung von Wissen zu lösen (Labudde, 2003, S. 51–52). Oft wird daher auch argumentiert, dass die fächerübergreifenden Themen für zahlreiche Schüler*innen häufig interessanter sind als nach Disziplinen geordnete Inhalte (Labudde, 2014, S. 14). Dies bestätigen z. B. Fruböse et al. (2011, S. 436) mit der Feststellung,

dass Schüler*innen in solchen fächerübergreifenden Stunden besonders interessiert und arbeitseifrig sind.

Eine weitere Funktion, die dem fächerübergreifenden Unterricht zugeschrieben wird, ist, dass er dafür sorgt, dass Unterricht gendergerechter wird (Labudde, 2014, S. 14). Die Unterschiede in den Leistungen zwischen Jungen und Mädchen sollen mit Hilfe des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften verringert werden (Labudde, 2014, S. 14). Weiterhin wird vermutet, dass fächerübergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften dafür sorgt, dass Schüler*innen mehr im Unterricht experimentieren (Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 436–437). Zudem kann auf organisatorischer Ebene noch angeführt werden, dass die Zusammenlegung der drei Naturwissenschaften es erleichtert, das Unterrichtsangebot abzusichern, weil für fächerübergreifenden Unterricht von Naturwissenschaften Lehrkräfte der Biologie, Chemie und Physik infrage kommen (Fruböse et al., 2011, S. 433).

Auf der anderen Seite ist eines der Hauptargumente gegen fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften, dass er das (teilweise) fachfremde Unterrichten von Inhalten und Methoden von den Lehrkräften erfordert (Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 434). Denn in Deutschland studieren angehende Lehrkräfte in der Regel zwei Unterrichtsfächer und zudem werden Biologie, Chemie und Physik in der Regel disziplinär studiert (Neumann et al., 2017, S. 38). Somit sind die Lehrkräfte in mindestens einem und oft sogar zwei der naturwissenschaftlichen Fächer nicht ausgebildet. Dieses Ausbildungsdefizit wird von Forscher*innen und Lehrkräften sowohl national (Bröll & Friedrich, 2012, S. 182, 185; Fruböse et al., 2011, S. 436; Jürgensen & Schieber, 2001, S. 490) als auch international (Carlson et al., 2019, S. 91; Nagle, 2013, S. 145) bemängelt. Es kann dazu führen, dass Lehrkräfte einen mangelnden Einblick in die Bedeutung von Themen haben (Jürgensen & Schieber, 2001, S. 490) oder dass sie kein Interesse (z. B. an Physik) und auch kaum Affinität zum (unstudierten) Fach besitzen (Fruböse et al., 2011, S. 434; Jürgensen & Schieber, 2001, S. 490).

Um dieses Ausbildungsdefizit auszugleichen und trotzdem qualitativ hochwertigen Unterricht anbieten zu können, ist ein deutlicher Mehraufwand in Form von eigenständigen Weiterbildungen oder Fortbildungen und bei der Vorbereitung von Unterrichtsstunden zu erbringen (Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 434). Zudem wird auch befürchtet, dass eine Integration der drei Naturwissenschaften dazu führt, dass die Inhalte und Methoden der einzelnen Fächer nicht in der notwendigen Tiefe den Schüler*innen vermittelt werden (können) (Bröll & Fried-

rich, 2012, S. 185; Dörges, 2001, S. 232; Jürgensen & Schieber, 2001, S. 489). Darauf aufbauend wären vermutlich schlechtere Leistungen in Leistungstests wie PISA zu erwarten. Unter Bezug auf Åstrom (2008) sieht Labudde (2014, S. 17–18) dieses Argument aber im PISA-Test von 2003 und 2006 nicht belegt, da Schüler*innen des disziplinären und des fächerübergreifenden Unterrichts bei PISA 2003 die gleichen Ergebnisse erzielten und in PISA 2006 nur geringe und durch die Stichprobe erklärbare Unterschiede bei der Untergruppe der Mädchen (besser in disziplinärem Unterricht) identifizierbar waren. Eine weitere praktische Sorge ist, ob alle Lehrkräfte genug Erfahrung mit Experimenten haben und mit gefährlichen Versuchsanordnungen und Chemikalien umgehen können und wollen (Fruböse et al., 2011, S. 434; Jürgensen & Schieber, 2001, S. 490).

Insgesamt wird folglich deutlich, dass es für beide Positionen gute Argumente gibt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit steht aber nicht im Fokus, ob fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften hinsichtlich der Unterrichtsqualität und Wirksamkeit positiv oder negativ zu bewerten ist. Vielmehr sollen das von zahlreichen Personen benannte Ausbildungsdefizit (z. B. Bröll & Friedrich, 2012, S. 182, 185; Jürgensen & Schieber, 2001, S. 490) und das damit verbundene (teilweise) fachfremde Unterrichten (z. B. Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 434) in Deutschland in den Blick genommen werden. Die zentrale Frage ist: Inwiefern halten die (angehenden) Lehrkräfte sich trotzdem für fähig, fächerübergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten?

3 Selbstbezogene Fähigkeitskognitionen

Um dieser Frage nachzugehen, erscheint es sinnvoll, im Folgenden selbstbezogene Fähigkeitskognitionen in den Fokus zu rücken. Sie „gelten als wichtiger Indikator und Prädiktor von Verhalten“ (Retelsdorf et al., 2014, S. 98). Auch Bandura (1997, S. 2–3) ist der Meinung, dass Personen, die nicht glauben, ein Ergebnis hervorbringen zu können, es gar nicht erst versuchen werden. Die Bedeutung selbstbezogener Fähigkeitskognitionen wird zusätzlich daran deutlich, dass sie beispielsweise im Modell professioneller Kompetenz von Baumert und Kunter (2011, S. 42) unter dem Aspekt *Motivationale Orientierungen* integriert sind. Baumert und Kunter (2011, S. 32) unterteilen grundsätzlich die professionelle Kompetenz von Lehrkräften in vier verschiedene Aspekte, von denen zwei im Rahmen dieser Arbeit von besonderem Interesse sind: *Professionswissen* und *Motivationale Orientierungen*.

Die professionelle Kompetenz von Lehrkräften beinhaltet folglich neben Wissenskomponenten (Professionswissen wie z. B. Fachwissen und fachdidaktisches Wissen) auch affektive Komponenten wie die selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen (Baumert & Kunter, 2011, S. 32, 41–42). Solche affektiven Komponenten sind von großer Bedeutung für (naturwissenschaftlichen) Unterricht und (naturwissenschaftliches) Lernen (Shulman, 2015, S. 9; Wallace, 2014, S. 17). Um erfolgreich zu unterrichten, müssen Lehrkräfte nicht nur über Wissen verfügen, sondern auch von ihren eigenen Fähigkeiten überzeugt sein (Duffin et al., 2012, S. 827). Diesem Einfluss affektiver Komponenten wird zudem in Modellen Rechnung getragen, die das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften fokussieren (Neumann et al., 2019, S. 855).

Im Folgenden werden speziell die Selbstwirksamkeitserwartungen und das selbstberichtete Fachwissen als Bestandteile der zu den *Motivationalen Orientierungen* gehörenden selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen hervorgehoben (Baumert & Kunter, 2011, S. 42–43; Dickhäuser et al., 2002, S. 394; Möller & Köller, 2004, S. 19; Oberle, 2012, S. 27).

3.1 Selbstwirksamkeitserwartungen

Ist von Interesse, inwiefern eine Person glaubt, schwierige oder neue Herausforderungen meistern zu können (Bandura, 1997, S. 3; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35), stehen unweigerlich die sogenannten Selbstwirksamkeitserwartungen im Fokus. Die Motivation oder letztlich auch die tatsächlichen Handlungen sind mehr dem zuzuschreiben, was die Menschen glauben, als objektiven Tatsachen (Bandura, 1995, S. 2, 1997, S. 2). Wer nicht glaubt, ein gewisses Ergebnis hervorbringen zu können, der wird nicht versuchen, dies zu realisieren (Bandura, 1997, S. 2–

3). Bandura (1997, S. 3) stellt gar fest: „People guide their lives by their beliefs of personal efficacy." Im Rahmen der sozial-kognitiven Theorie nehmen Selbstwirksamkeitserwartungen daher eine zentrale Rolle ein (Bandura, 1997, S. 35). Bandura (1997, S. 3) beschreibt Selbstwirksamkeitserwartungen als „beliefs in one's capabilities to organize and execute the courses of action required to produce given attainments". Schwarzer und Jerusalem (2002, S. 35) erweiterten diese Definition noch durch Spezifikation der zu bewältigenden Anforderungen als schwierig oder neu[3]. Selbstwirksamkeitserwartungen sind laut Bandura (1997, S. 3) der entscheidende Faktor menschlichen Handelns. Sie haben einen Einfluss auf die Gedanken, Gefühle, die Eigenmotivation und die Handlungen der Menschen (Bandura, 1995, S. 2). Damit nehmen die Selbstwirksamkeitserwartungen auch eine entscheidende Rolle im Kontext der Bewältigung der neuen und schwierigen Herausforderung fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtens ein.

Um das Konstrukt Selbstwirksamkeitserwartungen besser verstehen zu können, sollen im Folgenden seine Eigenschaften dargestellt werden. Weiterhin wird auf Erfordernisse für eine angemessene Messung von Selbstwirksamkeitserwartungen eingegangen. Zunächst müssen Selbstwirksamkeitserwartungen dem jeweiligen Kontext, für den sie genutzt werden sollen, entsprechend differenziert werden; dies macht sie zu einem kontext-spezifischen Konstrukt (Park & Oliver, 2008b, S. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, S. 227). Jemand mag im Unterrichten von Englisch sehr selbstwirksam sein, aber dies lässt keine Aussage über die Selbstwirksamkeitserwartungen der Person für das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften zu. Zusätzlich variieren Selbstwirksamkeitserwartungen entsprechend der Schwierigkeit der jeweiligen Aufgabe (*level*), dem Gültigkeitsbereich (*generality*) und der Resistenz gegenüber Schwierigkeiten (*strength*) (Bandura, 1997, S. 42–43). Bandura (1997, S. 42) bilanziert daher für Selbstwirksamkeitserwartungen, dass sie nicht mit einem „omnibus test" erfasst werden sollen; vielmehr sind Selbstwirksamkeitserwartungen ein „multifaceted phenomenon". Er fordert die Messung über spezifische Beurteilungen der eigenen Fähigkeiten anhand verschiedener Handlungen und Schwierigkeitsgrade (Bandura, 1997, S. 42). Ein weiteres Erfordernis für eine angemessene Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartungen ist zudem der Ein-

[3] Diese Ergänzung könnte ihren Ursprung in der Forderung von Bandura (1997, S. 42–43) haben, dass die Items gewisse Schwierigkeiten beinhalten sollten, damit die Handlung nicht zu einfach ist und nicht jede*r hohe Selbstwirksamkeitserwartungen ausweist. Durch diese Definition wird dies sichergestellt.

bau einer Hürde bzw. Schwierigkeit in die Aussagen (Bandura, 1997, S. 43). Dies sollte erfolgen, damit die Aufgaben nicht zu leicht sind, nicht jede Person sehr selbstwirksam ist und daraus keine Deckeneffekte resultieren (Bandura, 1997, S. 42–43, 2006, S. 311).

Weiterhin ist erforderlich, dass Selbstwirksamkeitserwartungen sich auf die aktuellen Fähigkeiten einer Person beziehen und nicht auf eventuell zukünftig vorhandene Fähigkeiten (Bandura, 1997, S. 44). Entscheidend ist, ob die Person glaubt, jetzt aktuell über diese Fähigkeiten zu verfügen und die entsprechenden Handlungen ausführen zu können. In diesem Zusammenhang ist es auch von großer Bedeutung, wie die Aussagen formuliert sind, zu denen die Einschätzung erfolgen soll. Um wirklich den Glauben in die eigenen Fähigkeiten zu beurteilen, eine Handlung ausführen zu können, ist es wichtig, dass *können* in die Aussagen eingebunden wird (z. B. Ich kann…) (Bandura, 1997, S. 43). Mit dieser Formulierung wird sichergestellt, dass erfasst wird, ob eine Person sich zutraut, eine bestimmte Handlung auszuführen. Andere Formulierungen könnten dazu führen, dass selbstberichtetes Wissen (Ich kenne…/Ich weiß…) oder nur die Absicht etwas zu tun (Ich werde…, Bandura, 1997, S. 43) gemessen werden. Selbstwirksamkeitserwartungen messen aber keine Fähigkeiten, sondern den Glauben einer Person, eine spezifische Handlung ausführen zu können (Bandura, 1997, S. 37).

3.1.1 Quellen der Selbstwirksamkeitserwartungen

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Frage, auf welche Weise Menschen an Informationen gelangen, die durch Auswahl, Gewichtung und Integration in den jeweiligen Selbstwirksamkeitserwartungen resultieren (Bandura, 1995, S. 5, 1997, S. 79). Bandura (1995, S.°3–5, 1997, S. 79) beschreibt insgesamt vier Informationsquellen, aus denen Selbstwirksamkeitserwartungen abgeleitet werden können. Diese sollen im Folgenden dargestellt werden – mit einem Fokus auf der stärksten und der schwächsten Quelle, da diese in der vorliegenden Arbeit eingebunden wurden. Die Quellen werden in abnehmender Reihenfolge nach der Stärke ihres Einflusses aufgelistet (Bandura, 1995, S.°3–5; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 42).

Die stärkste Quelle für Selbstwirksamkeitserwartungen sind die direkten (positiven) Erfahrungen (*mastery experience*) (Bandura, 1995, S. 3, 1997, S. 80). Sie ermöglichen einer Person auf direktem Wege herauszufinden, ob er oder sie die geforderten Fähigkeiten besitzt (Bandura, 1997, S. 80). Positive Erfahrungen haben dabei einen positiven Einfluss und negative Erfahrungen haben einen gegenteiligen Effekt zur Folge (Bandura, 1995, S. 3, 1997, S. 80). Die Stärke des Effekts hängt aber unter anderem davon ab, wie starke Selbstwirksamkeitserwartun-

gen bereits vorliegen (Bandura, 1995, S. 3, 1997, S. 80). Um wirklich beständige Selbstwirksamkeitserwartungen auszubilden, müssen unter starkem Einsatz Hindernisse überwunden worden sein; einfache Erfolge reichen dazu nicht aus (Bandura, 1995, S. 3, 1997, S. 80). Es geht dabei aber nicht darum, schablonenartig bestimmte Handlungen zu erlernen (Bandura, 1995, S. 3). Ziel ist es, sich z. B. kognitive Mittel anzueignen, um damit passend auf unterschiedlichste Situationen reagieren zu können (Bandura, 1995, S. 3).

Die zweitstärkste Quelle, um Selbstwirksamkeitserwartungen zu steigern, sind indirekte Erfahrungen (*vicarious experience*) mit Hilfe von sozialen Vorbildern (Bandura, 1995, S. 3). Dem liegt zu Grunde, dass die eigenen Fähigkeiten durch In-Beziehung-Setzen zu den Leistungen anderer Personen eingeschätzt werden (Bandura, 1997, S. 86). Eine wichtige Komponente ist dabei die Ähnlichkeit des Modells zu einem selbst; je größer die Ähnlichkeit zum Modell wahrgenommen wird, desto mehr beeinflussen dessen Misserfolge und Erfolge einen selbst (Bandura, 1995, S. 3, 1997, S. 87). Die dritte Quelle umfasst das gute Zureden (*social persuasion*), dass jemand die benötigten Fähigkeiten besitzt (Bandura, 1995, S. 4, 1997, S. 101). Auch dabei spielt es eine Rolle, wer die andere Person ist; entscheidend sind z. B. die Glaubwürdigkeit und die Kompetenz der überzeugenden Person (Bandura, 1997, S. 104).

Zuletzt werden Selbstwirksamkeitserwartungen auch von physiologischen und emotionalen Zuständen (*physiological and emotional states*) beeinflusst (Bandura, 1995, S. 4, 1997, S. 106). In schwierigen oder stressreichen Situationen werden Stressreaktionen oft als Anzeichen für eine schlechte Leistung oder Versagen gedeutet (Bandura, 1995, S. 4, 1997, S. 106). Beispielhafte physiologische Reaktionen können Herzklopfen oder auch Schwitzen sein (Bandura, 1997, S. 107). Somit kann Stress als negative Quelle für Selbstwirksamkeitserwartungen fungieren (Bandura, 1997, S. 106). Das Problem sind dabei aber nicht die Zustände und Reaktionen selbst, sondern wie diese wahrgenommen und interpretiert werden (Bandura, 1995, S. 5, 1997, S. 109). Personen mit geringeren Selbstwirksamkeitserwartungen reagieren eher empfindlich und negativ auf solche Zustände des Körpers, während Personen mit hohen Selbstwirksamkeitserwartungen diese Zustände sogar für förderlich erachten können (Bandura, 1995, S. 5).[4]

[4] Auf weitere mögliche Quellen wie sie z. B. Palmer (2006) für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften nennt, wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Empirische Belege zeigen z. B. Britner und Pajares (2006, S. 489, 491–492, 494) hinsichtlich der generellen Existenz dieser vier Quellen für die naturwissenschaftlichen Selbstwirksamkeitserwartungen von Schüler*innen auf. Empirische Belege für die direkte Erfahrung als Quelle finden sich unter Kapitel 3.1.4, für die indirekte Erfahrung und das gute Zureden präsentieren z. B. Gunning und Mensah (2011, S. 179–180) Belege hinsichtlich Lehramtsstudierender und deren Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule. Für die physiologischen und emotionalen Zustände finden sich empirische Belege unter Kapitel 3.1.2.

3.1.2 Individuelle Auswirkungen der Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Lehrkräften

Im Folgenden soll der Frage nachgegangen werden, welche spezifischen Auswirkungen Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Lehrkräfte haben. Für die Darstellung von Befunden der Auswirkungen von Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften ist die Kontextspezifität von Selbstwirksamkeitserwartungen (Park & Oliver, 2008b, S. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, S. 227) von Bedeutung. Die Gültigkeit der Ergebnisse eines bestimmten Kontextes kann daher nicht ohne Weiteres für andere Kontexte angenommen werden. Um einen Überblick über mögliche Auswirkungen von Selbstwirksamkeitserwartungen zu bieten, werden in dieser Arbeit auch Befunde aufgezeigt, die sich nicht direkt auf die Naturwissenschaften oder die Sekundarstufe (Gymnasium und Gesamtschule) beziehen. Dabei kann aufgrund der zahlreichen Studien und Befunde bezüglich Selbstwirksamkeitserwartungen (für den Zeitraum 1999–2009: Duffin et al., 2012, S. 828) nur ein Teil der Befunde präsentiert werden.

Neben der Bedeutung von Selbstwirksamkeitserwartungen als affektive Komponente und selbstbezogene Fähigkeitskognition werden konkrete Auswirkungen von Selbstwirksamkeitserwartungen auf individueller Ebene thematisiert, um die Tragweite des Konstrukts Selbstwirksamkeitserwartungen zu unterstreichen. Dazu wurde zur Übersichtlichkeit eine Zweiteilung zwischen den Befunden vorgenommen, die berufsbezogen allgemein das Unterrichten und Aspekte des Unterrichtens über verschiedene Fachbereiche hinweg betreffen, und denen, die das Unterrichten von Naturwissenschaften im Speziellen betreffen. Dabei sind sowohl Auswirkungen der Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte auf sich selbst als auch auf ihre Schüler*innen inkludiert. Zunächst werden Ergebnisse präsentiert, die berufsbezogen allgemein das Unterrichten oder z. B. auf allgemeiner Ebene bestimmte Aspekte des Unterrichtens in den Blick nehmen.

- Als ersten inhaltlichen Komplex lassen sich einige Befunde im Rahmen psychischer Effekte identifizieren. Bezüglich der Lehrkräfte sind aus psychologischer Perspektive hohe Selbstwirksamkeitserwartungen einerseits ein protektiver Faktor gegen Burnout, was sich an der niedrigeren Belastung bzw. dem niedrigeren Belastungserleben, der besseren Stresseinschätzung sowie einem geringeren Grad an Depersonalisierung oder emotionaler Erschöpfung zeigt (z. B. Abele & Candova, 2007, S. 114; Schmitz, 2000, S. 154–156; Skaalvik & Skaalvik, 2010, S. 1063). Weiterhin scheinen die Selbstwirksamkeitserwartungen einer Lehrkraft positiv mit der Jobzufriedenheit zusammenzuhän-

gen (Caprara et al., 2006, S. 483, 485; Klassen & Chiu, 2010, S. 747; Skaalvik & Skaalvik, 2010, S. 1064). Insgesamt scheinen somit höhere Selbstwirksamkeitserwartungen förderlich zu sein für die psychische Gesundheit von Lehrkräften.

- Ein zweiter inhaltlicher Komplex lässt sich im Bereich der Auswirkungen auf das Unterrichtsgeschehen feststellen. So zeigte sich, dass Lehrkräfte mit geringeren Selbstwirksamkeitserwartungen ungeduldiger sind, wenn sie Schüler*innen Fragen stellen, und eher dazu neigen, die Antwort selbst zu geben oder die Frage an eine*n andere*n Schüler*in weiterzugeben (Gibson & Dembo, 1984, S. 577). Zudem neigen Lehrkräfte mit geringeren Selbstwirksamkeitserwartungen mehr dazu, auf falsche Antworten von Schüler*innen mit Kritik zu reagieren (Gibson & Dembo, 1984, S. 577). Bei Lehrkräften mit hohen Selbstwirksamkeitserwartungen konnte gezeigt werden, dass sie offener demgegenüber sind, neue Instruktionsstrategien zu verwenden (Guskey, 1988, S. 67). So konnte auch Allinder (1994, S. 92) zeigen, dass höhere Selbstwirksamkeitserwartungen dazu führen, dass Lehrkräfte unterschiedliche Unterrichtsmethoden ausprobieren. Zudem zeigten sie, dass höhere Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte zur Folge haben, dass sie organisierter und geplanter ihren Unterricht durchführen und dass sie im Umgang mit Schüler*innen streng und gerecht sind (Allinder, 1994, S. 92).
- Ein dritter Komplex umfasst Auswirkungen auf Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte. So konnte gezeigt werden, dass Lehrkräfte mit höheren Selbstwirksamkeitserwartungen selbstbewusst und enthusiastisch hinsichtlich des Unterrichtens sind (Allinder, 1994, S. 92). Auch das Engagement („commitment“) der Lehrkräfte zum Unterrichten hängt positiv mit den Selbstwirksamkeitserwartungen zusammen und wird von ihnen positiv vorausgesagt (Coladarci, 1992, S.°331–332, 334).
- Ein vierter inhaltlicher Komplex besteht aus konkreten Auswirkungen für die Schüler*innen der betreffenden Lehrkräfte über das Unterrichtsgeschehen hinaus. Zum einen konnte gezeigt werden, dass Lehrkräfte mit höheren Selbstwirksamkeitserwartungen höhere und anspruchsvollere Ziele für ihre Schüler*innen setzen (Allinder, 1995, S. 252). Zum anderen fokussiert sich ein bedeutender Teil der Forschung auf den Einfluss der Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften auf die Leistungen ihrer Schüler*innen (z. B. Zee & Koomen, 2016, S. 998–1001). Es zeigte sich, dass die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte ein Prädiktor für die Leistung der Schüler*innen sind bzw. im Zusammenhang mit ihr stehen (z. B. Allinder, 1995, S. 251–252; Caprara et al., 2006, S.°483, 485–486; Ross, 1992, S. 57–60).

Zusätzliche Einblicke bieten Reviews wie von Ross (1998) oder Zee und Koomen (2016). Der Kontext, der für die vorliegende Arbeit von größter Bedeutung ist, ist das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften. Daher werden im Folgenden weitere Auswirkungen präsentiert, die von Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ausgehen.

- Auch im Kontext der Naturwissenschaften konnten zunächst Auswirkungen höherer Selbstwirksamkeitserwartungen auf das Unterrichtsgeschehen gezeigt werden. So zeigten Appleton und Kindt (2002, S. 50) in ihrer Untersuchung, dass die Lehrkräfte mit den höchsten Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften („confidence about teaching science“) mehr hands-on-Aktivitäten in ihrem Unterrichten integrieren. Auch de Laat und Watters (1995, S. 460) fanden Hinweise darauf, dass Lehrkräfte mit hohen Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ihren Unterricht mehr auf die Schüler*innen fokussieren und ihnen mehr Entscheidungen übertragen; auch wenn insgesamt trotzdem vor allem auf die Lehrkraft fokussiert unterrichtet wurde.
- Ein zweiter inhaltlicher Komplex konnte bezüglich der Auswirkungen höherer Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften auf Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte identifiziert werden. Auf persönlicher Ebene der Lehrkräfte zeigte sich für das Unterrichten von Naturwissenschaften, dass höhere Selbstwirksamkeitserwartungen zu dem Willen, naturwissenschaftlichen Unterricht für Schüler*innen und (angehende) Lehrkräfte zu verbessern, einem Eigenantrieb sowie einer positiven und aufgabenorientierten Einstellung führen (Ramey-Gassert et al., 1996, S. 298). Zudem gibt es Hinweise auf eine (positive) Entwicklung als Lehrkraft der Naturwissenschaften (Appleton & Kindt, 2002, S. 56). Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass höhere Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften mit einer stärkeren Neigung der angehenden Lehrkräfte zu reflektiertem Denken einhergehen (Uluçınar Sağır et al., 2016, S.°335, 338). Auch ein größeres Selbstvertrauen der Lehrkräfte beim Unterrichten von Naturwissenschaften und die Wahrnehmung von Naturwissenschaften als Spaß und interessant sind mögliche Folgen hoher Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (de Laat & Watters, 1995, S. 457).
- Abschließend ließen sich auch für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften als ein Komplex Auswirkungen auf die Schüler*innen

feststellen. So wurde auch für die Naturwissenschaften bestätigt, dass die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften von Lehrkräften ein positiver Prädiktor für die Leistung ihrer Schüler*innen sind (Lumpe et al., 2012, S.°161–162). Bae et al. (2020, S. 920, 929) haben durch eine Analyse von Profilen von Lehrkräften herausgefunden, dass höhere Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in Kombination mit der Nutzung von mehr motivierenden Vorgehensweisen durch Lehrkräfte positiv mit dem Engagement und den Selbstwirksamkeitserwartungen der Schüler*innen in den Naturwissenschaften zusammenhängen könnten.

Die ausgewählten Befunde zeigen deutlich die Bedeutung von Selbstwirksamkeitserwartungen auf. Dabei konnten Belege für das Unterrichten allgemein, aber speziell auch für das Unterrichten von Naturwissenschaften präsentiert werden. Es zeigte sich, dass Selbstwirksamkeitserwartungen Effekte haben auf die psychische Gesundheit von Lehrkräften, auf das Unterrichtsgeschehen, auf Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte und auch auf die Schüler*innen. Die diversen Studienergebnisse verdeutlichen, warum Selbstwirksamkeitserwartungen ein Schlüsselfaktor sein können, wenn es um das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften geht. Zudem liefern die Ergebnisse Gründe, warum die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in den Fokus rücken sollten.

3.1.3 Überblick über bisherige Messinstrumente zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften

Im Fokus dieser Arbeit steht die Frage, inwiefern (angehende) Lehrkräfte glauben, fächerübergreifend Naturwissenschaften unterrichten zu können. Zur Untersuchung dieser Frage existieren zahlreiche Messinstrumente im Bereich des Unterrichtens von Naturwissenschaften (inklusive Biologie, Chemie und Physik als Einzelfächer). Im Folgenden wird daher ein zusammenfassender Überblick über publizierte Messinstrumente aufbauend auf Handtke und Bögeholz (2019a) erfolgen.[5]

[5] Ziel war es, eine Spannbreite an Messinstrumenten aufzuzeigen und daraus übergreifende Tendenzen abzuleiten. Es war nicht das Ziel, jedes einzelne existierende Messinstrument aufzulisten, da beispielsweise viele Variationen des STEBI ähnliche Defizite aufweisen und eine allumfassende Aufzählung keinen nennenswerten Mehrwert bieten würde. Meiner Kenntnis nach wurden alle wichtigen und publizierten Instrumente für eine mögliche Auswahl berücksichtigt. Es wurde eine umfangreiche Auswahl getroffen, um die Entwicklung der bisherigen Messinstrumente übergreifend zu skizzieren. Es wurde versucht möglichst viele Instrumente, soweit Publikationen vorliegen, in die Analyse miteinzubeziehen. Das Messinstrument zum Unterrichten von Biologie von Hinterholz und Nitz (2017, S. 193) wurde ebenfalls theoriebasiert entwickelt, wurde bisher aber nicht publiziert. In Ergänzung zu Handtke und Bögeholz (2019, S. 3–4) wurde ein für *inquiry* spezialisiertes Grundschul-Instrument von Dira-Smolleck (2004, S. 203–208) in der Zusammenfassung der vorliegenden Arbeit zusätzlich integriert. Die zentralen

Das Grundschul-Instrument STEBI[6] (*Science Teaching Efficacy Belief Instrument*; Enochs & Riggs, 1990, S. 28–29; Riggs & Enochs, 1990, S. 634–635) ist eines der ersten und am meisten referenzierten Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 3). Es wurde wie von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 18–20) dargestellt in den folgenden Jahren vielfach – auch für andere naturwissenschaftliche Fächer – modifiziert oder als Ausgangspunkt verwendet (z. B. Barros et al., 2010, S. 3130; Dira-Smolleck, 2004, S.°114; Mavrikaki & Athanasiou, 2011, S. 204–205; Pruski et al., 2013, S. 1139; Ritter, 1999, S.°39; Roberts & Henson, 2000, S.°8; Savran & Çakiroğlu, 2001, S. 108). Daraus resultiert vermutlich der bisherige Fokus der Forschung zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (inklusive entsprechender Messinstrumente) auf der Grundschule (Blonder et al., 2014, S. 9; Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 3). Allerdings entspricht das STEBI nicht mehr den heutigen Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichts (Dira Smolleck et al., 2006, S. 144; Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 3, 18). Zudem weist es auch Mängel in der Konstruktvalidität auf (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 18; Meinhardt, 2018, S. 155).

Für das STEBI und die Instrumente, die dem STEBI nachfolgten, können aufbauend auf Handtke und Bögeholz (2019a, S. 3–4, 18–20) folgende zentralen Aussagen im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie, Physik und Naturwissenschaften) über Grundschule und Sekundarstufe hinweg getätigt werden:

- Es existieren diverse Messinstrumente, die durch Einbezug aktueller Forschungsliteratur entwickelt wurden (z. B. Mavrikaki & Athanasiou, 2011, S. 205; Pruski et al., 2013, S.°1137, 1139–1140; Rabe et al., 2012, S. 304; Roberts & Henson, 2000, S. 8–9, 13; Walan & Chang Rundgren, 2014, S. 56–57).
- Nur wenige Messinstrumente wurden durch Einbezug normativer Vorgaben wie Curricula, Bildungsstandards für Schüler*innen oder Standards der Lehrer*innenbildung entwickelt (Dira-Smolleck, 2004, S.°65; Mavrikaki & Athanasiou, 2011, S. 205; Walan & Chang Rundgren, 2014, S.°55–56, 58).
- Zudem wurde kein Messinstrument durch Einbezug eines Models zum Unterrichten von Naturwissenschaften entwickelt. Dies würde der Forderung von Bandura (1997,

Aussagen zu den Eigenschaften der Messinstrumente (z. B. Literatur- und Theoriebasierung sowie curriculare Validität) von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 3–4) werden durch das zusätzliche Instrument aber in keiner Weise beeinflusst und bleiben bestehen.

[6] In dieser Arbeit werden die Varianten A und B des STEBI nicht strikt differenziert, da sie sich vor allem lediglich durch die verwendete Zeitform in den Items unterscheiden (Enochs & Riggs, 1990, S. 9).

S. 42) nach einem multidimensionalen Messinstrument entsprechen. Dieser Einbezug eines Modells zum naturwissenschaftlichen Unterricht scheint in Ansätzen nur bei Vidwans (2016, S.°94–97, 100) erfüllt zu sein. In dieser Arbeit ist eine faktorenanalytische Prüfung fehlgeschlagen (Vidwans, 2016, S.°87), weshalb ohne weitere Prüfungen nicht von einer empirisch fundierten Theoriebasierung gesprochen werden kann.

- Die Integration einer angemessenen Hürde in die Items der Selbstwirksamkeitserwartungen (Bandura, 1997, S. 43, 2006, S. 311) weist nur ein Messinstrument im Bereich Physik auf (Meinhardt et al., 2018, S. 140–142). Allerdings erfolgt in diesem Messinstrument eine unsystematische Variation der Schwierigkeiten bzw. Hürden (z. B. Meinhardt et al., 2018, S. 141).
- Übergreifend lässt sich auch festhalten, dass die Mehrheit der aufgeführten Messinstrumente eher zu global misst. Weiterhin wird in manchen Messinstrumenten für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten der naturwissenschaftlichen Fächer entgegen der Empfehlung von Bandura (1997, S. 44) Futur statt Präsens für die Items verwendet (Dira-Smolleck, 2004, S.°203–208; Enochs & Riggs, 1990, S. 9, 28–29). Dies kann dazu führen, dass von den (angehenden) Lehrkräften nicht die aktuellen Kompetenzen als Referenz herangezogen werden.

Es wurde insgesamt deutlich, dass es einen Bedarf für ein neues Messinstrument gibt, das literaturbasiert, theoriebasiert und curricular valide entwickelt wird, das systematisch Hürden in die Items einbezieht und auf das Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe (Gymnasium und Integrierte Gesamtschule) ausgerichtet ist (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4).

3.1.4 Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften[7]

In der Forschung zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften wird unter anderem gefordert, dass Einflussfaktoren auf Selbstwirksamkeitserwartungen identifiziert werden müssen (Blonder et al., 2014, S. 11–13; Kahraman et al., 2014, S. 504). Einflussfaktoren können eine wichtige Rolle spielen. Ein Beispiel ist die Integration von Unterrichtserfahrungen in einen Kurs an der Universität, der zu höheren Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften führte (Gunning & Mensah, 2011, S. 178–

[7] Dieses Kapitel baut auf dem Kapitel *Influencing factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching* des Manuskripts in Kapitel 6.4 auf.

179). Der Fokus der bisherigen Forschung zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften lag auf der Grundschule (Blonder et al., 2014, S. 9) und führte dazu, dass vor allem für die Grundschule Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften identifiziert werden konnten. In dieser Arbeit wird dabei ein Fokus auf Faktoren gelegt, die im Rahmen einer Lehramtsausbildung modifiziert werden können wie z. B. die Unterrichtserfahrung. Faktoren wie z. B. das Geschlecht werden an dieser Stelle nicht betrachtet. Im Folgenden werden Faktoren dargestellt, für die in der Forschung zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Grundschule bereits bedeutende Effekte und Zusammenhänge festgestellt werden konnten. Es handelt sich folglich um zentrale Einflussfaktoren mit praktischer Relevanz, die ihre starke Bedeutung für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule gezeigt haben: die praktische Erfahrung beim Unterrichten von Naturwissenschaften, die studierten naturwissenschaftlichen Fächer, das Fachwissen sowie das fachdidaktische Wissen und die Bereitschaft, Naturwissenschaften zu unterrichten.

Im Rahmen der Beschreibung der Quellen von Selbstwirksamkeitserwartungen benennt Bandura (1995, S. 3, 1997, S. 80) die (positive) direkte Erfahrung als einflussreichste Informationsquelle (siehe Kapitel 3.1.1). Diese Beziehung wurde innerhalb verschiedener Domänen untersucht und für das Unterrichten von Naturwissenschaften zeigt sich eine positive Beziehung in qualitativen und quantitativen Designs (z. B. Gunning & Mensah, 2011, S. 178–179; Lumpe et al., 2012, S. 161; Velthuis et al., 2014, S. 456). Dabei zeigten die quantitativen Studien zum einen kontrolliert für das Geschlecht, dass die Anzahl der von Grundschullehrkräften unterrichteten Stunden in Naturwissenschaften pro Woche ein bedeutsamer Prädiktor für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ist ($\beta = 0{,}26$; Lumpe et al., 2012, S. 159, 161). Zum anderen wurden Gruppen angehender Grundschullehrkräfte mit unterschiedlicher Menge an Unterrichtserfahrung in den Naturwissenschaften betrachtet; dabei bedeutete mehr Erfahrung ein höheres Level (mittlerer bis starker Effekt laut Velthuis et al., 2014, S. 456) an Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften. Es existieren zugleich auch gegenteilige Befunde (z. B. Vidwans, 2016, S.°153; Yilmaz & Çavaş, 2008, S. 50–51).

Für diese zeigte sich allerdings, dass das Design, die Stichprobe oder das Messinstrument diese fehlende Evidenz verursacht haben könnten: Entweder war die Stichprobe zu klein und das Messinstrument zu generisch (Vidwans, 2016, S.°108–109, 152–153) oder es wurden Prä-Post-Designs mit weit fortgeschrittenen Lehramtsstudierenden durchgeführt, wo eine Intervention

möglicherweise zu wenig Einfluss hat (Yilmaz & Çavaş, 2008, S.°48–50). Insgesamt kann festgehalten werden, dass für den Bereich des Unterrichtens in den Naturwissenschaften von einem Einfluss der direkten (positiven) Erfahrung auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten in den Naturwissenschaften in der Grundschule ausgegangen werden kann.

Auch die naturwissenschaftliche Ausbildung der (angehenden) Lehrkräfte spielt eine Rolle für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften: So konnte Bursal (2010, S. 660) zeigen, dass Lehramtsstudierende, die früher in der Schule Mathematik oder Naturwissenschaften als Hauptfach hatten, höhere Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Mathematik und Naturwissenschaften an der Grundschule haben als Lehramtsstudierende, die früher ein anderes Hauptfach belegt hatten (d = 0,64; starker Effekt laut Bursal, 2010, S. 660). Neben dem Effekt der schulischen Ausbildung konnte Joseph (2010, S. 6) auch einen Effekt der universitären Ausbildung auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule nachweisen. Lehramtsstudierende mit Naturwissenschaften als Hauptfach verfügten über ein signifikant höheres Level an Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften als die Lehramtsstudierenden anderer Hauptfächer (Mittelwerte für *science* = 46,42 und *non-science* = 40,96, p < 0,01; Joseph, 2010, S. 6). Somit weisen bisherige Ergebnisse darauf hin, dass die Ausbildung in Naturwissenschaften (ob schulisch oder universitär) höhere Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule zur Folge hat.

Ausgehend von dem generellen Einfluss der studierten Fächer kann ein Einfluss von speziellen Kursen auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften festgestellt werden, in denen das Fachwissen (*science content course*, ε = 0,39, mittlerer Effekt laut Palmer et al., 2015, S. 33, 35–36) oder das fachdidaktische Wissen (*science methods course*, η = 0,80, starker Effekt laut Bautista, 2011, S. 342; Gunning & Mensah, 2011, S. 178–179) gefördert wird; beide Varianten haben einen positiven Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften. Somit haben auf übergreifender Ebene die studierten Fächer einen Einfluss. Auf detaillierter Ebene kann ein Einfluss von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inputs festgestellt werden (Bautista, 2011, S. 342; Gunning & Mensah, 2011, S. 178–179; Palmer et al., 2015, S. 35–36).

Die Bereitschaft (angehender) Lehrkräfte, Naturwissenschaften zu unterrichten, spielt ebenfalls eine Rolle für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften. Zwei qualitative Studien deuten diesbezüglich daraufhin, dass es im Kontext der Grundschule einen Zusammenhang zu geben scheint zwischen hohen Selbstwirksamkeitserwartungen zum

Unterrichten von Naturwissenschaften bzw. dessen Zunahme und der Bereitschaft, Naturwissenschaften zu unterrichten (Gunning & Mensah, 2011, S. 180; Menon & Sadler, 2016, S. 661). Beide Studien weisen somit auf einen Zusammenhang zwischen beiden Konstrukten für die Grundschule hin. Diese Ergebnisse können auf quantitativer Ebene ergänzt und bestärkt werden. Enochs und Riggs (1990, S. 10, 23; $r = 0{,}58$, $p < 0{,}01$) sowie Riggs und Enochs (1990, S. 628–629, 632; $r = 0{,}57$, $p < 0{,}01$) konnten im Kontext der Grundschule für Lehramtsstudierende und Lehrkräfte eine positive Korrelation zwischen den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und der Bereitschaft, Naturwissenschaften zu unterrichten, feststellen. Auch Ramey-Gassert et al. (1996, S. 288, 290) identifizierten für erfahrene Grundschullehrkräfte einen Zusammenhang ($r = 0{,}44$, $p < 0{,}05$) zwischen den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und der Bereitschaft, Naturwissenschaften zu unterrichten („choosing to teach science“). Es wird somit deutlich, dass im Kontext von Naturwissenschaften an der Grundschule von einem beidseitigen Zusammenhang dieser beiden Komponenten ausgegangen werden kann. Offener erscheint bisher die Frage, ob die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften auch ein (einseitiger) Einflussfaktor auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ist.

3.2 Selbstberichtetes Fachwissen

In Ergänzung zu den Selbstwirksamkeitserwartungen wurde im Rahmen dieser Arbeit und der angegliederten Forschungsarbeiten noch eine zweite selbstbezogene Fähigkeitskognition betrachtet: das selbstberichtete Fachwissen. Selbstberichtetes Fachwissen beschreibt die Einschätzung des eigenen Fachwissens durch einen selbst (Oberle, 2012, S. 50). Zu verorten ist dieses Konstrukt im Rahmen des akademischen Selbstkonzeptes (Dickhäuser et al., 2002, S. 394; Oberle, 2012, S. 27). Das akademische Selbstkonzept fasst alle „kognitiven Repräsentationen eigener Fähigkeiten in akademischen Leistungssituationen“ (Dickhäuser et al., 2002, S. 394) und ist Teil des generellen Selbstkonzeptes (Shavelson et al., 1976, S. 412). In seinen grundlegenden Zügen (besonders der hierarchischen und multidimensionalen Struktur) wird dem Modell von Shavelson et al. (1976, S. 412–413) gefolgt. Dies begründet sich durch die große Bedeutung dieses hierarchischen und multidimensionalen Modells für den Fortschritt in diesem Forschungsbereich (Marsh & Martin, 2011, S. 61).

Insgesamt hat sich das Selbstkonzept (d.h., wie eine Person sich selbst wahrnimmt; Shavelson et al., 1976, S. 411) als ein multidimensionales Konstrukt erwiesen (Marsh & Craven, 2006, S. 136, 139–140, 147, 158). Shavelson et al. (1976, S. 412) nahmen auch bereits eine Differenzierung des Selbstkonzeptes in verschiedene hierarchische Ebenen an (vom globalen Selbstkonzept bis zum themenspezifischen Selbstkonzept). Die hierarchische, multidimensionale Struktur des Selbstkonzepts plausibilisiert eine Differenzierung z. B. in das akademische Selbstkonzept (Shavelson et al., 1976, S. 412). Zudem hat sich gezeigt, dass das akademische Selbstkonzept domänenspezifisch ist (Marsh & Craven, 2006, S. 141, 158, 159). Dies passt zur theoretischen Annahme, dass das akademische Selbstkonzept in verschiedene Fachbereiche unterteilt werden kann (Shavelson et al., 1976, S. 412). Eine Betrachtung auf verschiedenen Ebenen ist folglich sinnvoll, aber die konkrete Domäne ist von besonderer Bedeutung.

Eine demnach nach Schulfächern aufgeteilte Struktur konnte auch spezifisch bezüglich Naturwissenschaften für das akademische Selbstkonzept in Biologie, Chemie und Physik für Schüler*innen bereits bestätigt werden (Jansen et al., 2014, S. 48). Eine Ebene tiefer kann daran anschließend das fachspezifische akademische Selbstkonzept weiter differenziert werden in bestimmte inhaltliche Teilbereiche des Faches (Marsh & Craven, 2006, S. 137; Shavelson et al., 1976, S. 412). Marsh und Craven (2006, S. 137) beschreiben anhand des Modells von Shavelson et al. (1976, S. 413) für Mathematik z. B. die mögliche weitere Aufspaltung in Algebra oder Trigonometrie und sogar noch spezifischer in spezielle Komponenten dieser Fachgebiete.

Auch Jansen (2015, S. 93) benennt daher auf Shavelson et al. (1976, S. 412–413) basierend die Möglichkeit, das fachspezifische akademische Selbstkonzept noch spezifischer bis auf die Kompetenzebene herab zu differenzieren. Oberle (2012, S. 27) argumentiert auf Basis von Dickhäuser et al. (2002, S. 394), dass das selbstberichtete Fachwissen ein Element des akademischen Selbstkonzeptes ist. Darauf aufbauend wird im Rahmen dieser Arbeit selbstberichtetes Fachwissen unter Einbezug des Modells von Shavelson et al. (1976, S. 412–413) als ein Teil des akademischen Selbstkonzeptes auf einem spezifischen Niveau innerhalb eines Faches angesehen.

3.2.1 Bedeutung des selbstberichteten Fachwissens

Seine Bedeutung für die vorliegende Arbeit bezieht das selbstberichtete Fachwissen dabei aus verschiedenen Bereichen. Zunächst handelt es sich wie bei den Selbstwirksamkeitserwartungen um eine selbstbezogene Fähigkeitskognition (Baumert & Kunter, 2011, S. 42–43; Dickhäuser et al., 2002, S. 394; Möller & Köller, 2004, S. 19; Oberle, 2012, S. 27). Als Teil professioneller Kompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2011, S. 42) und als affektive Komponente (Shulman, 2015, S. 9; Wallace, 2014, S. 17) ist somit auch das selbstberichtete Fachwissen von Interesse für die Einschätzung (angehender) Lehrkräfte zur Befähigung, fächerübergreifend Naturwissenschaften unterrichten zu können. Zudem wird ein positives Selbstkonzept generell als wünschenswert angesehen (Marsh & Craven, 2006, S. 133). Es ist nicht ausreichend, nur Fähigkeiten zu verbessern, sondern es muss auch ein positives Selbstkonzept gefördert werden (Marsh & Craven, 2006, S. 158). Eine der bedeutendsten Beziehungen hat das akademische Selbstkonzept zudem zur Leistung: Auf breiter empirischer Basis konnte gezeigt werden, dass das akademische Selbstkonzept und die Leistung in einem reziproken Verhältnis zueinander stehen (Marsh & Craven, 2006, S. 152; Marsh & Martin, 2011, S. 73). Das heißt, dass das akademische Selbstkonzept die Leistung beeinflusst und dass die Leistung einen Einfluss auf das akademische Selbstkonzept hat. Da im Rahmen dieser Arbeit das selbstberichtete Fachwissen als ein Teil des akademischen Selbstkonzeptes angesehen wird (Dickhäuser et al., 2002, S. 394; Oberle, 2012, S. 27), ergibt sich daraus auch die Bedeutung des selbstberichteten Fachwissens.

Für einen wirksamen naturwissenschaftlichen Unterricht wird neben den Unterrichtsmethoden ein gutes naturwissenschaftliches Fachwissen als Grundlage angesehen und stellt somit eine weitere Anforderung an die Lehrkräfte dar (Blonder et al., 2014, S.°10–11). Zudem konnten Forscher*innen diverser Fachrichtungen aufzeigen, dass Fachwissen eine Grundlage von fachdidaktischem Wissen zu sein scheint (z. B. Baumert et al., 2010, S.°158, 167; Käpylä et al.,

2009, S. 1407; Kleickmann et al., 2018, S. 126; Sadler et al., 2013, S. 1036) und dass fachdidaktisches Wissen von großer Bedeutung für den Unterricht ist (z. B. Baumert et al., 2010, S.°162–164; Sadler et al., 2013, S.°1038, 1043). Zudem steht das selbstberichtete Fachwissen in den Naturwissenschaften im Zusammenhang mit den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Velthuis et al., 2014, S. 455; $r = 0{,}37$, $p < 0{,}01$: Yangin & Sidekli, 2016, S. 60). Somit zeigt sich aus mehreren Perspektiven der Wert einer Betrachtung des selbstberichteten Fachwissens im Rahmen dieser Arbeit. Daher scheint das selbstberichtete Fachwissen eine gute Ergänzung zu sein, um das Bild über die Fähigkeitseinschätzungen der (angehenden) Lehrkräfte abzurunden und die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften zu erweitern.

3.2.2 Anforderungen an das naturwissenschaftliche Fachwissen von (angehenden) Lehrkräften

Um das selbstberichtete Fachwissen von (angehenden) Lehrkräften in den Blick zu nehmen, muss geklärt werden, was die Anforderungen an das Fachwissen der (angehenden) Lehrkräfte beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften sind. Grundlegend wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass fächerübergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften zum Gelingen das Wissen und die Perspektiven aller drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik benötigt (Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. [MNU], 2003, S. X; Engelmann, 2019, S. 25–26). Da in der Regel mindestens eines der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik nicht studiert wird (Neumann et al., 2017, S. 38, 50), wird im Rahmen dieser Arbeit das basale Fachwissen in diesen drei Fächern als Mindestanforderung zugrunde gelegt. Um das grundlegende Fachwissen als Referenz abzubilden, eignen sich Basiskonzepte, die die systematische fachwissenschaftliche Grundlage eines Schulfaches darstellen (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S. 44, 72). Weil es für das Fachwissen von Lehrkräften meiner Kenntnis nach keine Basiskonzepte gibt, stehen daher die fachwissenschaftlichen Anforderungen an Schüler*innen als Mindestanforderung für die Lehrkräfte im Fokus (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 47, 54). Auf nationaler Ebene sind diese fachwissenschaftlichen Basiskonzepte in den Nationalen Bildungsstandards festgelegt (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK], 2005a, S. 8–9, 2005b, S. 8, 2005c, S. 8–9). Auf Ebene der Bundesländer gibt es zusätzlich Curricula, die diese bundesweiten Bildungsstandards für das jeweilige Bundesland angepasst haben (z. B. für das Gymnasium in Niedersachsen: Niedersächsisches Kultusministerium, 2015). Tabelle 2 gibt zusätzlich einen Überblick über die

fachwissenschaftlichen Basiskonzepte der Fächer Biologie, Chemie und Physik für den mittleren Schulabschluss auf nationaler Ebene (KMK, 2005a, S. 8, 2005b, S. 8, 2005c, S. 8–9).

Tabelle 2: Basiskonzepte der Fächer Biologie, Chemie und Physik für den mittleren Schulabschluss auf bundesdeutscher Ebene (KMK, 2005a, S. 8, 2005b, S. 8, 2005c, S. 8–9)**.**

Biologie	Chemie	Physik
System	Stoff-Teilchen-Beziehungen	Materie
Struktur und Funktion	Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	Wechselwirkung
Entwicklung	Chemische Reaktion	System
	Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen	Energie

Eine Differenzierung nach den Basiskonzepten der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik ist wichtig, um identifizieren zu können, welches (grundlegende) Fachwissen für die (angehenden) Lehrkräfte z. B. am schwierigsten ist oder welches kein Problem darstellt. Auf allgemeiner Ebene der Fächer sind solche differenzierten Aussagen nicht möglich.

3.2.3 Überblick über bisherige Messinstrumente zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Bisherige Versuche, das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik zu erfassen, waren teilweise auf einer sehr globalen Ebene wie z. B. der des Faches (Jansen et al., 2014, S. 45–46 nach Ramm et al., 2006; Velthuis et al., 2014, S. 454). Dadurch sind diese Instrumente nicht auf der Ebene spezifischer Inhalte. Weiterhin gab es zwei Messinstrumente, die lediglich auf die Grundschule ausgerichtet waren (Yangin & Sidekli, 2016, S. 57; Yilmaz-Tuzun, 2008, S. 201). Dadurch fokussieren sie nicht den Inhaltsbereich fächerübergreifenden Unterrichts in den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe. Zudem gab es zwei Messinstrumente, die sich auf das Verständnis von konkreten Themen im Bereich der Sekundarstufe beziehen (Bröll & Friedrich, 2012, S. 182; Hardy, 2014, S.°560, 573–574). Allerdings beziehen sie sich nicht auf Basiskonzepte als systematische Grundlage des Fachwissens. Kein Messinstrument fokussierte somit die Messung des selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik bezüglich der Basiskonzepte in den disziplin-spezifischen normativen Vorgaben der Sekundarstufe I (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 50) (für eine Übersicht zu den Messinstrumenten siehe Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 49).

3.2.4 Einflussfaktoren auf das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Vergleichbar zu den Selbstwirksamkeitserwartungen gibt es auch für das selbstberichtete Fachwissen Einflussfaktoren, die in der Forschung identifiziert wurden. Zum einen spielen die Art

der studierten Fächer und die Anzahl studierter naturwissenschaftlicher Fächer eine Rolle: Das disziplin-spezifische selbstberichtete Fachwissen von Realschul-Lehrkräften profitiert davon, wenn das entsprechende naturwissenschaftliche Fach studiert wurde (Bröll & Friedrich, 2012, S. 182–183). Dies gilt hinsichtlich des entsprechenden selbstberichteten Fachwissens zusätzlich auch für den Fall, dass mehrere naturwissenschaftliche Fächer studiert wurden (Bröll & Friedrich, 2012, S. 182–183). Ergänzend dazu konnte in der Forschung mit Hilfe einer Meta-Synthese ein positiver Zusammenhang zwischen der Selbstbeurteilung von Fähigkeiten und externen Fähigkeitskriterien (z. B. Noten) identifiziert werden (Zell & Krizan, 2014, S. 114, 116). Dies könnte einen Einfluss von Schulnoten auf das selbstberichtete Fachwissen nahelegen.

4 Validierung eines Messinstruments am Beispiel der Selbstwirksamkeitserwartungen

Bei der Entwicklung eines Messinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen oder selbstberichtetem Fachwissen gibt es zahlreiche Kriterien, die von Bedeutung sind (Moosbrugger & Kelava, 2012). Im Zusammenspiel der drei Hauptkriterien *Objektivität*, *Reliabilität* und *Validität* ist die Validität deutlich als das wichtigste Kriterium für die Interpretation von Testwerten anzusehen, da sie eruiert, ob der Test das intendierte Konstrukt wirklich misst (Hartig et al., 2012, S. 144; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 13). Eine mangelnde Validität kann nicht durch Objektivität oder Reliabilität ausgeglichen werden, da inhaltlich nicht das korrekte Konstrukt gemessen wird (Hartig et al., 2012, S. 144). Im Folgenden wird daher vertiefend die Validität näher ausgeführt. Dies wird am Beispiel eines Messinstruments für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe unter Einbezug methodischer Literatur illustriert. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die drei wichtigsten Bestandteile von Validität: *Inhaltsvalidität*, *Konstruktvalidität* und *Kriteriumsvalidität* (Hartig et al., 2012, S. 146).

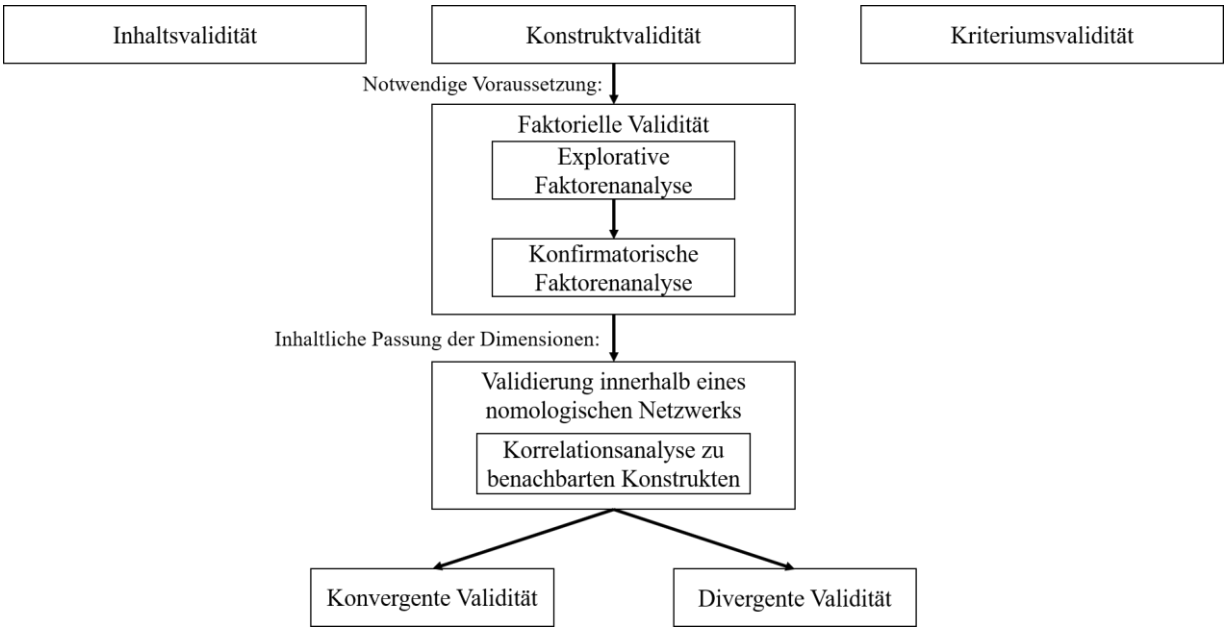

Abbildung 1: Übersicht über die drei Hauptbereiche von Validität: Inhaltsvalidität, Konstruktvalidität und Kriteriumsvalidität (eigene Darstellung auf inhaltlicher Grundlage von Hartig et al., 2012)**.**

Die *Inhaltsvalidität* beschäftigt sich einerseits damit, inwiefern die ausgewählten Items repräsentativ sind für die durch die Selbstwirksamkeitserwartungen abgebildeten Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichtens und eine Generalisierung erlauben (Hartig et al., 2012, S.

149, 151). Andererseits wird überprüft, inwiefern von Antworten des Tests auf die Selbstwirksamkeitserwartungen geschlossen werden kann (Hartig et al., 2012, S. 150–151). Mangels quantitativer Überprüfungsmöglichkeiten werden oft qualitative Expert*innenbefragungen genutzt (Hartig et al., 2012, S. 150; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 15), um z. B. beurteilen zu lassen, inwiefern Selbstwirksamkeitserwartungs-Items die Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichts repräsentativ abbilden (z. B. des PCK-Modells von Park & Chen, 2012, S. 925) oder den Konstruktionsvorschriften von Selbstwirksamkeitserwartungen entsprechen (z. B. Bandura, 1997, S. 43–44). Es kann zudem theoretisch argumentiert werden, warum angenommen wird, dass die Inhalte der Selbstwirksamkeits-Items die Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichts repräsentieren und ob von den Itemantworten auf Selbstwirksamkeitserwartungen geschlossen werden kann (Hartig et al., 2012, S. 149–150). Im Fokus steht, dass sichergestellt wird, dass die Inhalte der Items systematisch aus dem intendierten Konstrukt abgeleitet werden (Hartig et al., 2012, S. 149).

Die *Konstruktvalidität* ist der wichtigste Aspekt der Validität (Hartig et al., 2012, S. 153). Sie untersucht, inwiefern die Testwerte eines Messinstruments als Ausprägung des latenten Konstrukts wie z. B. Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften interpretiert werden können (Hartig et al., 2012, S. 153–154; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 16)[8]. Als notwendige Voraussetzung der Konstruktvalidität wird dabei die sogenannte *faktorielle Validität* angesehen (Hartig et al., 2012, S. 162). Diese kann mit Hilfe einer Kombination aus einem struktursuchenden Vorgehen (explorative Faktorenanalyse) und einem strukturprüfenden Vorgehen (konfirmatorische Faktorenanalyse) geprüft werden (Hartig et al., 2012, S. 162; Moosbrugger & Schermelleh-Engel, 2012, S. 340). Die Ergebnisse der explorativen Faktorenanalyse sollten mit Hilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigt werden und dabei sollte an unabhängigen Stichproben getestet werden (Conway & Huffcutt, 2003, S. 149; Fabrigar et al., 1999, S. 277; Leonhart, 2013, S. 600; Moosbrugger & Schermelleh-Engel, 2012, S. 338). Dadurch kann z. B. geprüft werden, inwiefern ein Test mit Selbstwirksamkeitserwartungs-Items strukturell einem diesem Test zugrundeliegenden Modell entspricht, das die Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichts konkretisiert (wie z. B. das PCK-Modell von Park & Chen, 2012, S. 925). Diese Prüfung der faktoriellen Struktur stellt allerdings keinen hinreichenden Nachweis der Konstruktvalidität dar, da dabei keine inhaltliche Prüfung

[8] Zur sprachlichen Vereinfachung wird in dieser Arbeit trotzdem z. B. auch von der *Validität des Instruments* gesprochen.

erfolgt, ob wirklich Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften gemessen werden (Hartig et al., 2012, S. 162).

Um die inhaltliche Passung der Items und Faktoren zum intendierten Konstrukt (z. B. Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften) zu überprüfen, wird oftmals auf ein sogenanntes *nomologisches Netz* zurückgegriffen (Cronbach & Meehl, 1955, S. 290–291; Hartig et al., 2012, S. 153). Dieses nomologische Netz beinhaltet z. B. für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften theoriebasierte Annahmen über die Beziehungen der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften zu anderen Konstrukten, die weniger oder mehr verwandt sind (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 16). Hohe erwartete Zusammenhänge der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe mit ähnlichen oder denselben Konstrukten (z. B. Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Primarstufe) sprechen für *konvergente Validität*, während erwartete niedrigere Zusammenhänge mit unterschiedlichen Konstrukten (z. B. Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten allgemein) für *divergente Validität* sprechen (Hartig et al., 2012, S. 158; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 17).

Bei der divergenten Validität ist zudem zu beachten, dass nicht Validitätskonstrukte ausgewählt werden, bei denen es evident ist, dass kein Zusammenhang existiert (z. B. mit der Leistung in Deutsch); es sollten Validitätskonstrukte gewählt werden, die trotz der Unterschiede in gewissem Maße dem zu validierenden Konstrukt nahe sind (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 17). Die Kontextspezifität von Selbstwirksamkeitserwartungen (Park & Oliver, 2008b, S. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, S. 227) spielt daher eine wichtige Rolle bei der Identifikation von nahen und fernen Validitätskonstrukten. Werden die unterschiedlichen erwarteten Beziehungen im Rahmen des nomologischen Netzes bestätigt, so kann davon ausgegangen werden, dass „die Testwerte als Indikatoren für das theoretische Konstrukt“ (z. B. Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften) interpretiert werden können (Hartig et al., 2012, S. 170).

Bei der *Kriteriumsvalidität* werden die Beziehungen zwischen den Testwerten zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und externen Kriterien untersucht, die für praktische und diagnostische Entscheidungen durch den Test von Relevanz sind (Hartig et al., 2012, S. 164; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 18). Diese Kriterien werden entsprechend dem Anwendungszweck des Tests zu Selbstwirksamkeitserwartungen ausgewählt

(Hartig et al., 2012, S. 164). Zum Beispiel kann dies die Unterrichtserfahrung als direkte Erfahrung im Sinne von Bandura (1995, S. 3, 1997, S. 80) sein. Dies wäre somit ein Kriterium, das theoretisch abgeleitet wurde. Kann die Beziehung mit theoretisch abgeleiteten externen Kriterien wie der Unterrichtserfahrung bestätigt werden, trägt dies neben dem Nachweis von Kriteriumsvalidität zusätzlich auch zum Nachweis der Konstruktvalidität bei, weil sowohl die Interpretation der Testwerte als Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften als auch die diagnostische Aussagekraft der Testwerte gestützt werden (Hartig et al., 2012, S. 164). Kriteriumsvalidität kann nach dem Zeitpunkt der Erhebung des Kriteriums noch weiter differenziert werden in *Übereinstimmungsvalidität* (gleicher Zeitpunkt, z. B. aktuelle Unterrichtserfahrung), *Vorhersagevalidität* (späterer Zeitpunkt, z. B. spätere Leistungen) und *retrospektive Validität* (früherer Zeitpunkt, z. B. Schulnoten) (Schmiemann & Lücken, 2014, S.°112–113).

5 Forschungsstrategie

Basierend auf dem ersten Teil dieser Arbeit sollen in diesem Kapitel die beiden Forschungsschwerpunkte abgeleitet werden. Sie beinhalten übergreifende Ziele, die mit Anfertigung dieser Arbeit verfolgt wurden. Die Bearbeitung erfolgte in den daran anschließenden Publikationen sowie dem Manuskript, über die zum Ende dieses Kapitels ein Überblick gegeben wird.

5.1 Forschungsschwerpunkt 1: Entwicklung von Messinstrumenten für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und für selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften ist ein etablierter Bestandteil des europäischen Fächerkanons – auch in der Sekundarstufe I (Forsthuber et al., 2011, S. 60, 62). Auch in Deutschland wird immer häufiger fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften angeboten: sowohl am Gymnasium in Klasse 5 und 6 (Graube et al., 2013, S. 177) als auch an der Gesamtschule z. B. in Niedersachsen sogar von Klasse 5 bis 10 (Niedersächsisches Kultusministerium, 2020). Zwei zentrale Anforderungen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts sind das fachdidaktische Wissen und das Fachwissen. Forscher*innen diverser Fachrichtungen konnten aufzeigen, dass Fachwissen eine Grundlage von fachdidaktischem Wissen zu sein scheint (z. B. Baumert et al., 2010, S.°158, 167; Käpylä et al., 2009, S. 1407; Kleickmann et al., 2018, S. 126; Sadler et al., 2013, S. 1036) und dass fachdidaktisches Wissen von großer Bedeutung für den Unterricht ist (z. B. Baumert et al., 2010, S.°162–164; Sadler et al., 2013, S.°1038, 1043). Im Gegensatz zum wachsenden Angebot fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften in Deutschland mit den damit verbundenen Anforderungen steht die getrennte disziplinäre Ausbildung der (angehenden) Lehrkräfte in Biologie, Chemie oder Physik (Neumann et al., 2017, S. 38). Weil in der Regel maximal zwei Fächer studiert werden (Neumann et al., 2017, S. 38, 50), werden (angehende) Lehrkräfte folglich in einem oder zwei Fächern der interdisziplinären Naturwissenschaften nicht ausgebildet. Dies führt in der Folge aufgrund von Defiziten im Fachwissen und im fachdidaktischen Wissen zu (teilweise) fachfremdem Unterrichten (Dörges, 2001, S. 230; Fruböse et al., 2011, S. 434).

Der Fokus dieser Arbeit liegt darauf aufbauend auf der Frage, inwiefern (angehende) Lehrkräfte trotzdem glauben, diese Herausforderung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften bewältigen und dessen Anforderungen erfüllen zu können. Daher sind selbstbezogene Fähigkeitskognitionen als Indikator und Prädiktor des eigenen Verhaltens in dieser Arbeit

von besonderer Bedeutung (Retelsdorf et al., 2014, S. 98). Selbstbezogene Fähigkeitskognitionen sind Teil der professionellen Kompetenz von Lehrkräften im Bereich *Motivationale Orientierungen* (Baumert & Kunter, 2011, S. 42). Ihre Bedeutung beziehen sie daher zusätzlich zu der Abbildung der Anforderungen fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften daraus, dass es sich um affektive Komponenten handelt. Deren Wichtigkeit für naturwissenschaftliches Lernen und Unterrichten ist in der Forschung akzeptiert (Shulman, 2015, S. 9; Wallace, 2014, S. 17). Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei spezielle selbstbezogene Fähigkeitskognitionen in den Blick genommen: Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik. Die Selbstwirksamkeitserwartungen sind zentral, wenn es darum geht, ob eine Person glaubt aufgrund ihrer eigenen Fähigkeiten eine neue oder schwierige Herausforderung meistern zu können (Bandura, 1997, S. 3; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35). Das verdeutlich ihre besondere Bedeutung für die Herausforderung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften. Zudem konnten für Selbstwirksamkeitserwartungen in der Forschung auch zahlreiche positive Auswirkungen auf die Lehrkräfte selbst und ihre Schüler*innen identifiziert werden wie z. B. die prädiktive Wirkung der Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte zum Unterrichten von Naturwissenschaften auf die Leistung der Schüler*innen in den Naturwissenschaften (Lumpe et al., 2012, S. 161–162). Das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik wurde als Bestandteil des akademischen Selbstkonzeptes (Dickhäuser et al., 2002, S. 394; Oberle, 2012, S. 27) zusätzlich unterstützend betrachtet. Seine Bedeutung kann zusätzlich zu vorherigen Argumenten z. B. darüber begründet werden, dass das akademische Selbstkonzept in einer reziproken Beziehung zur akademischen Leistung steht (Marsh & Craven, 2006, S. 152; Marsh & Martin, 2011, S. 73).

Um die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik der (angehenden) Lehrkräfte bestimmen zu können, werden Messinstrumente benötigt. Für beide Konstrukte konnte ein Desiderat nach jeweils einem neuen Messinstrument festgestellt werden. Für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften konnte ein Desiderat nach einem theorie- und literaturbasierten sowie einem curricular validen Messinstrument für die Sekundarstufe (Gymnasium und Gesamtschule) identifiziert werden, das zudem den Anforderungen von Bandura (z. B. dem Einbau einer Hürde; 1997, S. 43, 2006, S. 311) gerecht wird (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4). Das erste Ziel dieser Arbeit war es folglich ein neues Messinstrument zu entwickeln (unter Berücksichtigung des Vorgehens in Kapitel 4), das dem Desiderat gerecht

wird und dabei aktuellen Anforderungen an das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften entspricht (PCK-Modell nach Park & Chen, 2012, S. 925):

> **Ziel 1: Die Entwicklung eines reliablen, theorie-, literaturbasierten und (curricular) validen Messinstruments für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe[9].**

Dieses Ziel wurde in mehreren Publikationen bearbeitet, die mit verschiedenen Forschungsfragen und Hypothesen zur Erreichung dieses Ziels beitragen. Die folgenden Publikationen und das folgende Manuskript beziehen sich auf Ziel 1:

Publikation 1: Handtke, K., & Bögeholz, S. (2019a). Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument: Drafting a theory-based measurement. *Education Sciences, 9*(4), Article 247. https://doi.org/10.3390/educsci9040247

Publikation 2: Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020a). Arguments for construct validity of the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument. *European Journal of Educational Research, 9*(4), 1435–1453. https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1435

Manuskript: Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (previous version of a submitted manuscript).[10] Factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.

Auch für das selbstberichtete Fachwissen konnte ein Desiderat nach einem neuen Messinstrument festgestellt werden. Bisher scheint kein Messinstrument das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik auf Grundlage der Basiskonzepte aus disziplin-spezifischen normativen Vorgaben der Sekundarstufe I zu messen (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 50). Das zweite Ziel dieser Arbeit war folglich die Entwicklung eines Messinstruments (unter Berücksichtigung des Vorgehens in Kapitel 4), das fachwissenschaftliche Anforderungen an das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften einbezieht (d.h. die Basiskonzepte):

[9] Im Gegensatz zum Instrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik ist das Instrument zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften nicht auf die Sekundarstufe I beschränkt – wenn auch fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften vor allem in der Sekundarstufe I von Gymnasium und Gesamtschule stattfindet.

[10] Dieses Manuskript ist eine Vorgängerversion von Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (submitted). Factors influencing self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching: The role of teaching experience, science subjects studied, and desire to teach science. Innerhalb dieser Dissertation bezieht sich der Verweis "(Handtke et al., submitted)" auf das in dieser Dissertation enthaltene Manuskript in Kapitel 6.4 (Vorgängerversion der aktuellen Einreichung).

Ziel 2: Die Entwicklung eines reliablen und validen Messinstruments für selbstberichtetes Fachwissen in Bezug auf Basiskonzepte der Biologie, Chemie und Physik der Sekundarstufe I.

Dieses Ziel 2 wurde auf Grundlage einer Forschungsfrage und daran angegliederter Hypothesen in folgender Publikation bearbeitet:

Publikation 3: Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020b). Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching. *RISTAL*, *3*, 46–67. https://doi.org/10.23770/rt1832

5.2 Forschungsschwerpunkt 2: Einflussfaktoren für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und für selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Neben der Entwicklung zweier neuer Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik ist es von Interesse, welche Faktoren einen Einfluss auf beide Konstrukte haben (z. B. für Selbstwirksamkeitserwartungen: Blonder et al., 2014, S. 11–13; Kahraman et al., 2014, S. 504). Dadurch können Erkenntnisse gewonnen werden, wie beide affektiven Komponenten beeinflusst werden können. Im Rahmen des ersten Teils dieser Arbeit konnten sowohl für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften hinsichtlich der Grundschule als auch für das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik hinsichtlich der Realschule und eines übergreifenderen Kontextes Einflussfaktoren identifiziert werden.

Für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften sind dies die Unterrichtserfahrung (z. B. Lumpe et al., 2012, S. 159, 161; Velthuis et al., 2014, S. 456), die studierten Fächer (z. B. Joseph, 2010, S. 6), das fachdidaktische Wissen (z. B. Bautista, 2011, S. 342, 346) und das Fachwissen (z. B. Palmer et al., 2015, S. 35–36) sowie die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften (z. B. Menon & Sadler, 2016, S. 661). In dieser Arbeit wurde der Fokus auf praktisch relevante, mit geringem Aufwand messbare Faktoren gelegt, die im Rahmen der Ausbildung modifiziert werden können (d.h. die Unterrichtserfahrung, die studierten Fächer und die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften). Ein Mehr an Fachwissen und fachdidaktischem Wissen wird dabei indirekt durch die studierten Fächer eingeschlossen.

Es ist in dieser Arbeit von Interesse, wie die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften durch diese Variablen im Kontext der Sekundarstufe beeinflusst werden, weil der bisherige Fokus diesbezüglicher Forschung auf der Grundschule lag (Blonder et al., 2014, S. 9). Durch die Bestätigung ähnlicher Einflüsse im Sekundarschulkontext kann zusätzlich der Zweck der Kriteriumsvalidierung (und bei entsprechender theoretischer Basis auch der Konstruktvalidierung) erfüllt werden (Hartig et al., 2012, S. 164). Darüber hinaus wurden auch bisher unerforschte Beziehungen in den Blick genommen wie z. B. der konkrete Einfluss des Studierens von Biologie, Chemie und Physik auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften im Vergleich. Daraus ergibt sich folgendes Ziel:

Ziel 3: Die Identifikation von Einflussfaktoren für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe.

Dieses Ziel 3 wurde im folgenden Manuskript mit Hilfe zweier Forschungsfragen und angegliederter Hypothesen in den Blick genommen:

Manuskript: Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (previous version of a submitted manuscript). Factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.

Auch für das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik wurden Einflussfaktoren in bisheriger Forschung (z. B. im Realschul-Kontext) identifiziert: die Art und Anzahl studierter naturwissenschaftlicher Fächer (Bröll & Friedrich, 2012, S. 182–183) sowie die Schulnoten in Biologie, Chemie und Physik (Zell & Krizan, 2014, S. 114, 116). Für das selbstberichtete Fachwissen sollten die Effekte hinsichtlich dieser Einflussfaktoren im Kontext der gesamten Sekundarstufe I (Klasse 5–10) mit dem neuen Instrument untersucht werden. Neben inhaltlichen Erkenntnissen waren auch hier Hinweise auf Kriteriums- und gleichzeitig Konstruktvalidität von Interesse. Zusätzlich wurden auch bisher unerforschte Beziehungen in den Blick genommen wie z. B. der Einfluss des Studierens eines naturwissenschaftlichen Faches auf das selbstberichtete Fachwissen in einem anderen Fach (d.h. Studieren von Biologie auf selbstberichtetes Fachwissen in Physik). Damit ergibt sich folgendes letztes Ziel:

Ziel 4: Die Identifikation von Einflussfaktoren für selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik für die Sekundarstufe I.

Dieses Ziel 4 wurde in einer Publikation mit zwei Forschungsfragen und mehreren zugehörigen Hypothesen bearbeitet:

Publikation 3: Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020b). Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching. *RISTAL*, *3*, 46–67. https://doi.org/10.23770/rt1832

5.3 Überblick über die Studien und Publikationen (inklusive des Manuskripts)

Die dargelegten Ziele wurden im bundesdeutschen Kontext verfolgt. Es wurden eine Prä-Pilotierung (n = 10) und zwei Querschnittsstudien (n = 114 und n = 590 bzw. 552 ohne Lehrkräfte) durchgeführt. Dabei wurden im Rahmen der Prä-Pilotierung (n = 10) und der Pilotierung (n = 114) neben personenbezogenen Daten nur die beiden neu entwickelten Instrumente zusammen eingesetzt. Im Rahmen der Hauptstudie (n = 590[11]) wurden zusätzlich diverse Validierungsinstrumente integriert. Für die Untersuchung des selbstberichteten Fachwissens wurden die Lehrkräfte (n = 38) entfernt, um im Rahmen des akademischen Selbstkonzeptes Testpersonen in der Ausbildung zu fokussieren. Zudem dienten die Lehrkräfte dabei nicht als Vergleichsgruppe und waren eine relativ kleine Teilstichprobe.

Im Rahmen der mehrphasigen Messinstrumententwicklung wurde zunächst in der Prä-Pilotierung (n = 10) die Plausibilität der Instrumente für Testpersonen der Zielstichprobe getestet. Die Pilotierung (n = 114) diente darauffolgend vor allem dazu, um mittels struktursuchender Verfahren Hypothesen über die faktorielle Struktur der Instrumente aufzustellen. Diese wurden in der Hauptstudie mittels strukturprüfender Verfahren an der größten unabhängigen Stichprobe (n = 589 bzw. 552) überprüft. Für die Selbstwirksamkeitserwartungen konnten dabei nicht 590, sondern nur 589 Testpersonen genutzt werden, da eine Person nur die Validierungsinstrumente bearbeitete. Zusätzlich wurden umfangreiche Validierungen im Rahmen nomologischer Netze vorgenommen. Durch die Abfrage spezifischer personenbezogener Daten und zusätzlicher Informationen konnten zudem intendierte Einflussfaktoren in der Hauptstudie untersucht werden. Unter anderem wurden fünf Items (Antwortskala: 1: „Stimmt nicht“, 2: „Stimmt kaum“, 3: „Stimmt eher“, 4: „Stimmt genau“; wie z. B. bei Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8 und Schulte et al., 2011, S. 238) im Rahmen der personenbezogenen Daten integriert, die übergreifende Einschätzungen zu Aspekten des fächerübergreifenden Unterrichtens in den Naturwissenschaften abfragten (Auswertungen siehe Kapitel 8.1):

1) „Ich kann die Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik als ein Unterrichtsfach fächerübergreifend sehr gut unterrichten.“
2) „Ich verfüge über das Fachwissen, um Naturwissenschaften fächerübergreifend sehr gut zu unterrichten.“
3) „Ich verfüge über das fachdidaktische Wissen, um Naturwissenschaften fächerübergreifend sehr gut zu unterrichten.“

[11] 14 Personen wurden wegen doppelter Teilnahme vorher entfernt.

4) „Ich fühle mich durch die Ausbildung sehr gut vorbereitet, um Naturwissenschaften fächerübergreifend zu unterrichten."
5) „Wenn ich die Möglichkeit haben werde, werde ich Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten."

Diese Items standen im Fragebogen der Hauptstudie an erster Stelle nach den personenbezogenen Daten. Es folgten das Selbstkonzept in den Naturwissenschaften, das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik, die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und die weiteren Validierungsinstrumente (siehe auch: Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1442–1443, 2020b, S. 55).

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Publikationen sowie ihre Zugehörigkeit zu je einem Forschungsschwerpunkt (Messinstrumentenentwicklung oder Untersuchung von Einflussfaktoren) und zu je einem Konstrukt (Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften oder selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik). Dabei haben manche Publikationen/das Manuskript zu mehreren Schwerpunkten gleichzeitig beigetragen. Zusätzlich wird in Abbildung 2 angegeben, auf welche Stichproben/Studien in den jeweiligen Publikationen/dem Manuskript Bezug genommen wird. Dabei liegt die Schwerpunktsetzung der Arbeiten auf den Selbstwirksamkeitserwartungen.

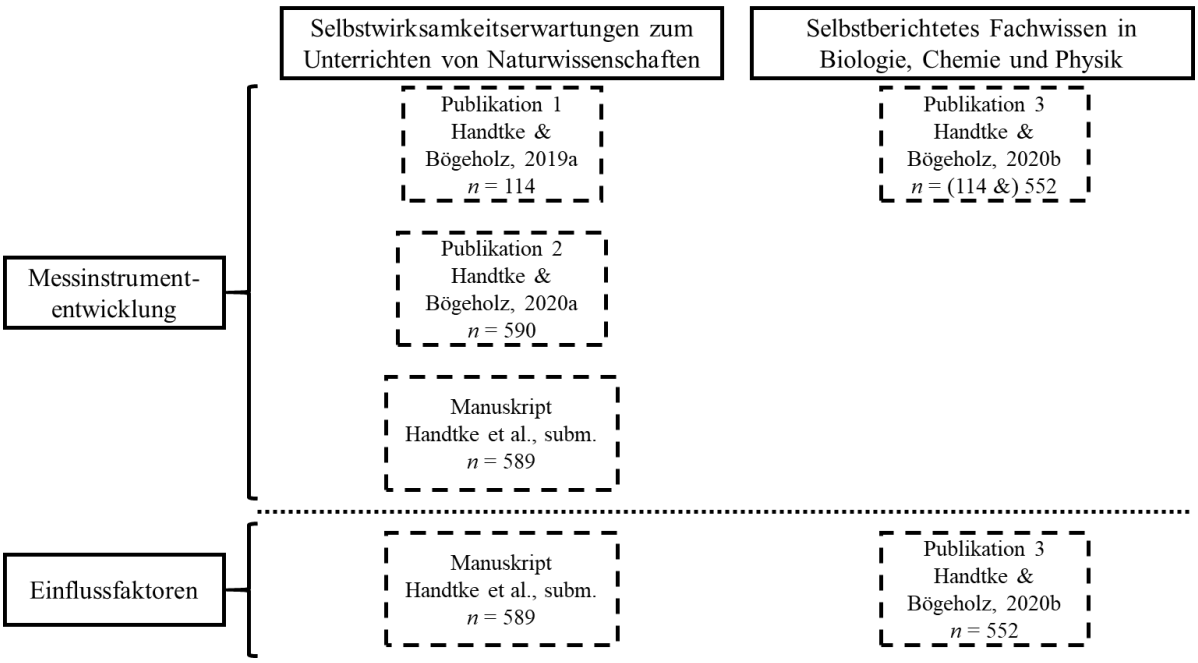

Abbildung 2: Übersicht über die Publikationen, die jeweiligen verwendeten Stichproben und die inhaltliche Verortung im Gesamtkontext.

6 Publikationen und Manuskript

6.1 Publikation 1: Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument: Drafting a theory-based measurement

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2019a). Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument: Drafting a theory-based measurement. *Education Sciences*, *9*(4), Article 247. https://doi.org/10.3390/educsci9040247

6.2 Publikation 2: Arguments for construct validity of the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020a). Arguments for construct validity of the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument. *European Journal of Educational Research, 9*(4), 1435–1453. https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1435

6.3 Publikation 3: Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020b). Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching. *RISTAL*, *3*, 46–67. https://doi.org/10.23770/rt1832

6.4 Manuskript: Factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education[12]

Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (previous version of a submitted manuscript). Factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.

Abstract

Interdisciplinary science teaching at secondary schools is an international issue brought on by shortcomings in teacher education in several countries such as Germany and the Netherlands. Science teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching provide essential information as an important context-specific affective component of science teachers' professional competence. Research has shown the crucial role that self-efficacy beliefs play in teachers' behavior and students' performance and that they can serve as a central criterion to evaluate teacher education. In this study, we focus on factors that have an impact on self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. We surveyed 589 German pre-service, trainee, and in-service biology, chemistry, and physics teachers in a cross-sectional study using the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument. This approach allows us to investigate whether self-efficacy beliefs change with teaching experience, differ across science subjects studied, or vary according to the desire to teach science. In-service teachers had the highest beliefs in nine of the ten SElf-ST factors. The difference between trainee teachers' and pre-service teachers' self-efficacy beliefs was mainly insignificant. However, all three groups showed relatively high beliefs. In addition, the more science subjects studied and the higher the desire to teach science, the higher the self-efficacy beliefs in eight SElf-ST factors. Overall, the results support the validity of the SElf-ST instrument. Our results reveal that studying any science subject impacted the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching but in different ways. Studying chemistry affected seven of the eight science-teaching-specific factors, three of them exclusively. These results possibly indicate the major role of chemistry in interdisciplinary science teaching. We discuss the relatively high beliefs, effects of the teaching experience, science subjects studied, desire to teach science, and implications for teacher education.

Keywords: self-efficacy beliefs, science, teacher education, teaching, secondary education

[12] This manuscript is a previous version of Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (submitted). Factors influencing self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching: The role of teaching experience, science subjects studied, and desire to teach science.

Introduction

Bringing interdisciplinary science[13] into teaching is a serious challenge nowadays in several countries due to failings in the formal education of prospective teachers for interdisciplinary science subjects (Bröll & Friedrich, 2012, pp. 182, 185; Carlson et al., 2019, p. 91; Nagle, 2013, p. 145). Science can be taught in different ways (Broggy et al., 2017, p. 81; Metzger, 2010, p. 32). Integrated science teaching (in the following: interdisciplinary science teaching), where one teacher teaches biology, chemistry, and physics together as one subject (Labudde, 2014, p. 15; Metzger, 2010, p. 32), is a major issue in Germany. Many federal states teach interdisciplinary science in grades 5 and 6 at grammar schools (Graube et al., 2013, p. 177). In addition, comprehensive schools offer interdisciplinary science, for example, as a subject in grades 5 to 10 in lower secondary education of Lower Saxony (Niedersächsisches Kultusministerium, 2020). At the same time, German science teacher education for secondary education is mostly disciplinary, that is, biology, chemistry, and physics are taught separately (Neumann et al., 2017, p. 38). These conditions cause (partly) out-of-field teaching (i.e., "teachers assigned to teach subjects that do not match their training or education"; Ingersoll, 2005, p. 175) in the context of interdisciplinary science teaching (Dörges, 2001, p. 230; Fruböse et al., 2011, p. 434). Thus, criticism has arisen that teacher education for interdisciplinary science is inadequate (Bröll & Friedrich, 2012, p. 182) and needs improvement (Dörges, 2001, p. 232).

Affective components of teaching are important as "teacher beliefs have a powerful impact on science teaching and learning" (Wallace, 2014, p. 17). This is in line with Shulman (2015, p. 9), who states that the actions and knowledge of teachers often are related, for example, to their affective states. Due to their importance, Baumert and Kunter (2013, p. 29) highlight the role of affective components by integrating, for example, *Motivational Orientations* as one aspect in their model of teachers' professional competence. Self-efficacy beliefs are one construct within this *Motivational Orientations* (Baumert & Kunter, 2013, pp. 38–39). Self-efficacy beliefs refer to beliefs about one's own abilities to execute concrete actions despite certain difficulties and obstacles (Bandura, 1997, p. 3; Schwarzer & Jerusalem, 2002, p. 35). The power of self-efficacy beliefs is supported by Bouffard-Bouchard et al. (1991, p. 162), who propose that self-efficacy beliefs could have a stronger impact on performance than cognitive ability. Duffin et al. (2012, p. 827) also summarize that in combination with content knowledge and pedagogical abilities, "educators need to be confident in their abilities to enact effective instructional

[13] This paper uses science and natural sciences as synonyms.

practices," underlining self-efficacy beliefs' major role in teaching. In addition to the importance for teachers' professional development, self-efficacy beliefs are used more often to assess teacher education's success (Forsthuber et al., 2011, p. 106).

Thus, we want to explore the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching further and investigate factors that may impact these self-efficacy beliefs. Considering the existing research on science teaching self-efficacy beliefs mainly in primary education (Blonder et al., 2014, p. 9), in this paper, we address potentially influential factors for self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.

Theoretical background

Self-efficacy beliefs, sources, and their importance for teaching and learning

Bandura (1997, p. 3) claims that self-efficacy beliefs are "a major basis of action." Further, he states that people without strong self-efficacy beliefs will not even try to perform the required actions (Bandura, 1997, pp. 2–3). Self-efficacy beliefs vary regarding the *level* of the given task, the *generality* of the beliefs, and the *strength* of the beliefs against problems (Bandura, 1997, pp. 42–43). Thus, they vary for every specific task, scope, or difficulty and are context-specific (Park & Oliver, 2008, p. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, p. 227), meaning that they need to be examined in every specific context and facet rather than generally (Bandura, 1997, p. 42). The measurement of self-efficacy beliefs should consider present, not future, skills (Bandura, 1997, p. 44). It benefits from integrating obstacles into items to consider demanding situations that allow for differentiation instead of having items that are perceived as too easy (Bandura, 1997, p. 43, 2006, p. 311).

In science, mastery (direct) experience, vicarious (indirect) experience, verbal persuasion, and physiological and affective states, as defined by Bandura (1997, p. 79), for example, have been confirmed as sources of science self-efficacy beliefs of middle school students (Britner & Pajares, 2006, pp. 489, 491–492, 494). Bandura (1995, p. 3, 1997, p. 80) states that direct experience is the most powerful source of information about self-efficacy beliefs, while "people also rely partly on their physiological and emotional states" (Bandura, 1995, p. 4).

Besides self-efficacy beliefs' importance as an affective component of professional competence (see above; Baumert & Kunter, 2013, pp. 38–39), we briefly want to outline why (prospective) teachers' self-effiacy beliefs are beneficial for teacher education, (prospective) teachers and students. On an individual level, self-efficacy beliefs are a key factor for teachers and their students. Stronger self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching result in primary teachers experiencing science as fun and interesting (de Laat & Watters, 1995, pp. 456–457) or lead to primary teachers being more willing to enhance science teaching for students and (prospective) teachers (Ramey-Gassert et al., 1996, p. 288, 298). Higher self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching of primary teachers who are beginning their careers lead to the use of more hands-on activities (Appleton & Kindt, 2002, pp. 46, 50). In addition, primary teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching positively influence students' performance in school (Lumpe et al., 2012, pp. 161–162). Recently, an analysis of middle school teacher profiles showed that the greater use of motivational approaches and higher

teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching are positively linked to the engagement of their students and students' self-efficacy in science (Bae et al., 2020, pp. 920, 929). Focusing on teacher education, the importance of self-efficacy beliefs in teacher education is underpinned by the findings that teacher education courses have an impact on science teaching self-efficacy beliefs (e.g., Bautista, 2011, p. 342; Gunning & Mensah, 2011, pp. 178–179; Palmer et al., 2015, p. 35). Thus, teacher education affects pre-service teachers' self-efficacy beliefs and, therefore, self-efficacy beliefs should be considered towards fostering the professional development of pre-service teachers (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 3).

Here, it is prudent to add some general statements regarding self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. The described role of self-efficacy beliefs in teacher education, for example, fits the demand from Kahraman et al. (2014, p. 504) and Aurah and McConnell (2014, p. 237), who suggest that self-efficacy beliefs of pre-service teachers should be monitored and enhanced in teacher education. In line with this demand, self-efficacy beliefs can be used as a criterion to evaluate teacher education (Forsthuber et al., 2011, p. 106). In this context, it is important to investigate factors that have an impact on (pre-service) teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (Blonder et al., 2014, pp. 11–13; Kahraman et al., 2014, p. 504). Up to now, research regarding the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching has concentrated on primary school science teachers (Blonder et al., 2014, p. 9). In addition, more knowledge about the developmental curve of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching from pre-service to in-service teachers is needed (Aurah & McConnell, 2014, p. 238; Blonder et al., 2014, p. 12). Blonder et al. (2014, p. 12) summarize previous research on self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching, stressing "the importance of conducting research beyond the elementary school level." Thus, in the present study, we investigate potential factors that might affect self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in the context of secondary education.

Influencing factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching

The self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching are influenced by various determinants, and research on primary education has revealed factors influencing self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in primary education. The focus of the previous research is, for example, the determinants of teaching experience, science subjects studied, and desire to teach science.

In the context of science in primary education, researchers have identified a positive relationship between the practical teaching experience of pre-service teachers and their self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in a qualitative study design (Gunning & Mensah, 2011, pp. 178–179). The same counts for quantitative study designs with pre- and in-service primary teachers (Lumpe et al., 2012, pp. 159, 161; $\beta = 0.26$, $p < 0.01$; Riggs & Enochs, 1990, pp. 628–629, 632; $r = 0.41$, $p < 0.01$; Velthuis et al., 2014, p. 456; medium to large effects). Nevertheless, contrary findings exist. Vidwans (2016, pp. 116, 119, 153) found a non-significant correlation ($r = 0.18$, $p > 0.05$) between science teachers' self-efficacy beliefs of teaching in diverse classrooms and teaching experience in a mixed sample (59.2 % primary, 40.8 % secondary). However, this result can be explained by (1) a relatively small sample ($n = 76$) (Vidwans, 2016, pp. 152–153), which could not prove the low correlation as significant, or by (2) the mostly generic items that were used (Vidwans, 2016, pp. 108–109). The latter do not have to be correlated with teaching experience as science teachers because of the context-specificity of self-efficacy beliefs (Park & Oliver, 2008, p. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, p. 227). Other researchers found no change in self-efficacy beliefs in primary school pre-service teachers after a teaching experience in a pre-post study design (e.g., Yilmaz & Çavaş, 2008, pp. 50–51). The test persons "were seniors being ready to be teachers in elementary schools" (Yilmaz & Çavaş, 2008, p. 48). This lack of change could be explained by the high teaching experience of the test persons before the intervention. In addition, the duration of the teaching experience remains vague in the paper. The presented phenomena associated with negative results are present in several studies with inappropriate study designs, study descriptions, instruments, or samples. These analyses result in the presumption of a positive relationship between practical teaching experience and the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in primary education.

Also, research reveals an evident relation between the science subjects[14] studied and the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. Pre-service primary school teachers with science(/mathematics) as a major in high school now hold significantly higher self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in primary education than students who had another major in high school (Bursal, 2010, p. 660; $d = 0.64$). Joseph (2010, p. 6) found the same relationship for pre-service primary school teachers studying science at university. In sum, research has shown that studying science (in high school or at university) is positively linked to the self-

[14] The term "science subject" includes content knowledge as well as pedagogical content knowledge.

efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in primary education (Bursal, 2010, p. 660; Joseph, 2010, p. 6).

Another factor that may impact the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching is an individual's desire to teach science. Enochs and Riggs (1990, pp. 10, 23) found a significant correlation ($r = 0.58$, $p < 0.01$) between the desire to teach science and the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching for pre-service primary school teachers. They report the same finding for in-service primary school teachers ($r = 0.57$, $p < 0.01$) (Riggs & Enochs, 1990, pp. 628–629, 632). Ramey-Gassert et al. (1996, pp. 288, 290) identify a positive relationship between the desire to teach science and the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in primary education as well ($r = 0.44$, $p < 0.05$). Thus, these two affective components are related. Two additional studies expand the body of knowledge. Menon and Sadler (2016, p. 661) state that pre-service primary teachers with high self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching showed a "strong desire to teach science" while pre-service teachers with low corresponding self-efficacy beliefs had less desire to teach science. Gunning and Mensah (2011, p. 180) similarly argue for pre-service teachers that the growth of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching appears "especially in terms of their desire to teach science" in primary education. Both studies add to the argument that the desire to teach science relates positively to the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in primary education.

Research questions and hypotheses

We identify several factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching valid for primary education. Our main aim is to determine how these results can be transferred to secondary education. Revealing potential factors for improving self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching would broaden the knowledge base in teacher education for secondary education, as demanded by research (Blonder et al., 2014, pp. 11–13). Thus, our first research question is as follows:

Research Question 1: Do teaching experience, the number of science subjects studied, and the desire to teach science have an impact on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education?

The development of self-efficacy beliefs throughout teacher education has aroused interest (Aurah & McConnell, 2014, p. 238; Blonder et al., 2014, p. 12). Direct (and positive) experiences are the most important source of self-efficacy beliefs (Bandura, 1995, p. 3, 1997, p. 80). More teaching experience, in both pre- and in-service teachers in primary science education, results in higher self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (e.g., Lumpe et al., 2012, pp. 159, 161; Velthuis et al., 2014, p. 456). Existing contrary findings are explainable and do not outweigh studies that note the positive impact of direct experiences (see above). Because of the ways (prospective) teachers gain teaching experience through progressively studying (including first practical trainings), acting as a trainee teacher, and finally working as an in-service teacher, we assume increasing self-efficacy beliefs in interdisciplinary science teaching as teaching experience increases. Thus, by transferring the previously reported results of primary education research to secondary education, we derive the following hypothesis:

Hypothesis 1: The self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education increase from pre-service teachers to trainee teachers to in-service teachers.

Another critical factor for self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching is the science subjects studied. Primary school pre-service teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching are higher if they studied science as a major in high school (Bursal, 2010, p. 660) or are studying science as a major in university (Joseph, 2010, p. 6). Transferring these results to pre-service teachers for secondary education and extrapolating it for trainee and in-service teachers, we conclude Hypothesis 2:

Hypothesis 2: Pre-service, trainee, and in-service teachers for secondary education with at least two studied science subjects at university have higher self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching than those with one studied science subject.

In addition, for the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching of primary pre- and in-service-teachers, researchers report a relationship with the desire to teach science (Enochs & Riggs, 1990, pp. 10, 23; Gunning & Mensah, 2011, p. 180; Menon & Sadler, 2016, p. 661; Ramey-Gassert et al., 1996, pp. 288, 290; Riggs & Enochs, 1990, pp. 628–629, 632). From the positive relationship between the constructs mentioned above, we assume the same for secondary education. In this paper, we focus on factors that could impact self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education to reveal key factors for fostering these self-efficacy beliefs in teacher education (Research Question 1). Thus, we hypothesize the following:

Hypothesis 3: The desire to teach science predicts the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.

Previous research has focused on the number of science subjects studied and their influence on self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (see Hypothesis 2). In addition to Research Question 1 and the associated Hypotheses 1–3, we are interested in the so far unknown individual influences of the three science subjects studied. Our results shed light on how subjects contribute differently to self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. Thus, the second major research question is how specific science subjects studied affect self-efficacy beliefs:

Research Question 2: What impact do the individual science subjects studied (biology, chemistry, and physics) have on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching?

Method

Sample

In this study (n = 590)[15], pre-, trainee, and in-service teachers from five German federal states participated. While all 590 participants were used for the validation studies (Handtke & Bögeholz, 2020a, p. 1441), for this paper, one participant was removed (n = 589). This participant only answered the validation measures and not the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. The pre-service teachers came from eight German universities, the trainee teachers from three teacher education institutions in Lower Saxony, and the teachers came from grammar and comprehensive schools in Lower Saxony. We conducted a paper-pencil questionnaire study with a cross-sectional study design from December 2017 to December 2018. Due to a nationwide program focused on further developing German teacher education quality ("Qualitätsoffensive Lehrerbildung"), of which this study is a part, several surveys took place throughout Germany. Therefore, we had to pick test persons due to availability. In the sample, we considered all three science subjects, all curricular phases of teacher education as well as in-service teachers, and selected test persons from different federal states nevertheless. We intended predominantly to consider test persons from Lower Saxony (79.5 %) because one starting point of the measurement development (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 6) was the joint research project of a university in Lower Saxony for improving teacher education there and nationwide. Therefore, we integrated four further federal states into the sample (7.1 %, 6.8 %, 4.1 %, 2.5 %). The test persons were pre-service, trainee, and in-service teachers studying mostly one or two of the three science subjects (two rare exceptions: one with all three science subjects studied and one with a very rare interdisciplinary science education, see Table 1). The majority of the sample was female (57.6 %; males: 41.9 %; no indication: 0.5 %). About one fourth each studied the single subjects biology or chemistry as well as biology in combination with chemistry. For further details of the sample composition regarding the studied science subjects, including information on test persons that studied physics, see Table 1.

[15] The sample of this paper is the same like from Handtke and Bögeholz (2020a, p. 1441). The only difference is that in-service teachers' assigned federal states were indicated as missings by Handtke and Bögeholz (2020a, p. 1441) because the in-service teachers did not indicated this directly. Since only in-service teachers from Lower Saxony were contacted in this study, they can be assumed to be from Lower Saxony nevertheless.

Table 1: Summary of the science subjects studied by the test persons (*n* = 589).

Subject(s)	Absolute number	Percentages (rounded)
Biology	170	28.9 %
Chemistry	138	23.4 %
Physics	99	16.8 %
Biology & chemistry	143	24.3 %
Biology & physics	7	1.2 %
Chemistry & physics	30	5.1 %
Biology, chemistry, & physics	1	0.2 %
Science	1	0.2 %

Almost half of the sample individuals were undergraduate students (48.7 %), a fourth were in a master's program for teacher education (23.1 %), some were in the state examination (7.1 %), and around one-sixth were trainee and in-service teachers (trainee: 11.5 %; in-service: 6.5 %). Two participants finished their studies recently, 16 made no indication. The clear majority of the sample studied to teach in a grammar or comprehensive school (88.5 %, *n* = 521). The remaining 68 test persons can be assigned to secondary education as well, and thus are not excluded. Out of the sample, 25 test persons made no statement regarding this variable of studied school type. The missing values (regarding the school type studied) are probably partly due to lateral entrants (trainee teachers) into the teaching profession who did not study to teach and did not indicate any teaching experience in their studies (*n* = 17). In addition, two trainee teachers made no statement regarding the school type but are working at a secondary school nevertheless. One pre-service teacher made no indication, but was surveyed in a course for secondary education. Finally, five in-service teachers made no indication of the studied school type.

Four in-service teachers studied for another school type, but all were teaching at a grammar school or comprehensive school. Of the in-service teachers, 15 were teaching at a grammar school and 22 at a comprehensive school (one in-service teacher made no indication). There were no trainee teachers and no in-service teachers who worked elsewhere than in a grammar or comprehensive school. Of the pre-service teachers, 39 studied another school type. 32 were studying to teach, for example, at a secondary school from class 5 to 10 or at a vocational school. We assessed these pre-service teachers because they attended the same seminar as pre-service teachers aiming to be qualified for teaching at grammar or comprehensive school. The remaining seven pre-service teachers were part of a teacher training program that was not specific to any school type. Thus, our sample contains no test persons who specialized in primary education.

Table 2 shows the teaching experience of all groups of teacher education (in taught lessons) and in-service teachers (in years at school). The teaching experience increases with progressing teacher education (undergraduate/state examination – master of education – trainee teachers) and is the highest in the group of in-service teachers. The pre-service teachers (bachelor, master of education, and state examination as one group) have taught 5.5 lessons in a science subject on average, with a standard deviation of 17. The desire to teach science is close to the theoretical mean of 2.5 for all groups, including pre-service teachers as one group (mean = 2.64, standard deviation = 1.0). The standard deviations of the teaching experience and the desire to teach science indicate widely diversified values.

Table 2: Means and standard deviations of the teaching experience and desire to teach science of the different groups of teacher education and in-service teachers. The teaching experience of the in-service teachers was measured in years teaching at a school. The other test persons from teacher education estimated how many lessons (45 minutes) they had taught in biology, chemistry, physics, or science. The median is added for the teaching experience. The state examination is the precursor to bachelor and master of education. The desire to teach science is measured on a Likert scale from 1 to 4.

Actual status	Science teaching lessons (45 minutes)	Years of teaching at school	Desire to teach science
Bachelor	2.9 (18.9) (median: 0)		2.7 (1.0)
Master of education	12.0 (13.6) (median: 7.5)		2.5 (1.0)
State examination	3.9 (8.9) (median: 0)		2.7 (1.1)
Trainee teachers	164.1 (296.0) (median: 55)		2.6 (1.0)
In-service teachers		9.9 (9.2) (median: 8)	2.8 (1.1)

Measures

In this paper, we focus on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. Thus, we present an appropriate measure in detail, including the fit of the measure in our sample and important characteristics of the measure's factors. Self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education were investigated in this study using the questionnaire developed by Handtke and Bögeholz (2019a, 2020a). The questionnaire was based on the Pentagon Model of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching science (Park and Chen, 2012, p. 925). The measure of Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) includes nine factors in line with the proposed subcategories by Park and Chen (2012, p. 925) and one additional factor that refers to teaching ethical issues of applied science (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 10).

All items were introduced with the same item stem "I can…" and included the content-related standardized obstacle *science teaching* (Table S1; Handtke & Bögeholz, 2019a, pp. 7–8, 2020a, p. 1442). They continued by including different assertions that pertained to various aspects of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching regarding the PCK model (Handtke &

Bögeholz, 2019a, pp. 7–8; Park & Chen, 2012, p. 925). Participants had four options for responding: “Is not right” (1), “Is a little right” (2), “Is rather right” (3), and “Is exactly right” (4) (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 8). We provide the individual items in Table S1.

Previous exploratory factor analysis (n = 114) indicates that the items covered ten different factors (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 10). To check the stability of the subscales and ensure that they can be replicated in a larger and more diverse sample (n = 589), we first conducted a confirmatory factor analysis (Conway & Huffcutt, 2003, p. 149) using the lavaan (version 0.6-3) package (Rosseel et al., 2018) as implemented in R (ordinal values, WLSMV estimator). The theoretically expected model with ten factors showed a very good fit: CFI = 0.95, TLI = 0.95, RMSEA = 0.06, 90 % confidence interval = 0.05–0.06 (Handtke & Bögeholz, 2019b, p. 29, 2020a, p. 1438; 590 participants used in the validation study, but 589 were used for the confirmatory factor analysis). In addition, the ratio of chi-square to degrees of freedom (χ^2/df = 2.87) supports this classification. The χ^2-statistic was significant: χ^2 (734) = 2103.18, $p < 0.001$. However, the chi-square test is sensitive to a moderately large sample and tests for an exact fit; thus, the chi-square statistic should be neglected (Little, 2013, p. 108). Derived from Handtke and Bögeholz (2019a, p. 10), Table 3 shows the ten factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching and their accordance with Park and Chen’s (2012, p. 925) PCK model. In addition, it provides the characterization of these factors as science-teaching-specific or generic teaching (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 10). In addition, Table 3 provides the Cronbach’s alpha and factor loadings for the ten factors in the recent sample (n = 589).

The standardized loadings of the 41 items ranged from 0.62 to 0.89, and only eight items had loadings under 0.7 (see Table S1). According to Moosbrugger and Kelava (2012, p. 11), the reliability of all subscales was satisfactory (all Cronbach’s $\alpha > 0.7$; Handtke & Bögeholz, 2019b, p. 30, 2020a, p. 1438). The intercorrelations between the different subscales are reported in Table S2. In sum, the analyses support the factorial validity (Hartig et al., 2012, p. 162) of the SElf-ST instrument. Further, a previous analysis of a nomological net provided empirical evidence for the construct validity of the SElf-ST instrument, including convergent and divergent validity (Handtke & Bögeholz, 2020a, pp. 1443, 1448).

Table 3: Characteristics of the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (SElf-ST) instrument. α = Cronbach's alpha, λ = loadings on the factor. The factor names, the assignment to the subcategories, the characterization, and the number of items are derived from Handtke and Bögeholz (2019a, p. 10).

No.	Factors derived from Handtke and Bögeholz (2019a, p. 10)	Subcategories according to Park and Chen (2012, p. 925)	Characterization		α	*n* (items)	λ
			Science-teaching-specific	Generic teaching			
1.	Surveying Dimensions of Scientific Literacy	x	x		0.88	5	0.81–0.89
2.	Applying Media	x		x	0.77	4	0.68–0.82
3.	Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science		x		0.78	4	0.62–0.89
4.	Differentiated Fostering of Scientific Inquiry and Communication in Science	x	x		0.84	5	0.65–0.87
5.	Using Subject-Specific Materials in Science	x	x		0.74	4	0.66–0.82
6.	Applying Natural Scientific Working Methods	x	x		0.82	5	0.76–0.80
7.	Applying Methods of Evaluation	x		x	0.84	3	0.85–0.87
8.	Considering Learning Difficulties and Needs of Students in Science	x	x		0.72	5	0.63–0.70
9.	Including Science-Specific and General Instructional Strategies	x	x	x	0.76	3	0.76–0.80
10.	Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge	x	x		0.79	3	0.80–0.86

The desire to teach science was measured by a single item: (translated) “If I have the opportunity, I will teach science interdisciplinarily.” We used the same four-point response scale as, for example, Schulte et al. (2011, p. 238) and Handtke and Bögeholz (2019a, p. 8).

Regarding the administration of the survey, test persons gave their informed consent to be part of the study. They indicated personal data at the beginning (e.g., science subjects studied, actual status a as pre-service, trainee, or in-service teacher, desire to teach science). Then, we applied the SElf-ST instrument (Handtke & Bögeholz, 2019a, 2020a; and Table S1). We monetarily rewarded 135 pre-service teachers (and one participant that finished the studies) for their participation during breaks in courses or beyond courses. Remaining pre-service teachers took part in courses without monetary reward. The entire group of trainee teachers received monetary compensations, while in-service teachers were not rewarded.

Analyses

We used the lavaan (version 0.6-3) package (Rosseel et al., 2018) as implemented in R and SPSS (version 26) for our analyses. We completed the data computation in ordinal values. Due to only approximately 1 % missing values, we applied pairwise deletion (Rosseel et al., 2018, p. 48). Because of non-normality, we used the WLSMV estimator (Brown, 2006, pp. 76, 388–389, 404, 409). According to Little (2013, pp. 120–121, 126), the sample size was suitable. To evaluate the fit of our models, we applied the following more liberal guidelines from Little (2013, pp. 109, 115) and Wheaton et al. (1977, p. 99) as minimum requirements: $\chi^2/df \leq 5$, CFI > 0.90, TLI > 0.90, RMSEA < 0.10.

We used structural equation modeling for testing Hypotheses 1–3 and investigating Research Question 2. The variables for Hypotheses 1 and 2 were dummy coded (Cohen et al., 2003, pp. 303–305). For teaching experience, we used two variables because of three groups of interest. The pre-service teachers were the reference group for both variables, and thus always coded 0. One variable was coded 1 for being a trainee teacher and 0 for in-service teachers; the other was coded 1 for being an in-service teacher and 0 for trainee teachers. To describe the different groups of teacher education and in-service teachers and their absolute level of self-efficacy beliefs, we display the means of all factors. The use of means seemed acceptable after checking the factor structure more severely with ordinal values. Thus, we also provide factors’ and items’ means of the total sample in Table S1. For the studied subjects, including two groups, one dummy variable was sufficient (0 = one science subject studied vs. 1 = at least two science subjects studied).

The subjects for Research Question 2 were computed with effects coding due to a missing reference group (Cohen et al., 2003, pp. 320–322). We calculated one variable for each subject because the comparisons of the group's means with the overall mean of the sample were of the same interest for all subjects. Thus, no base group could be chosen, and we coded three variables (one for each subject) with two forms each. For example, for the biology variable, if biology in any combination was studied, it was coded 1, and –1 if not. This results in a comparison of persons studying biology as one subject to the mean of the whole sample (Cohen et al., 2003, p. 320). We also conducted this approach for chemistry and physics. Thus, the three effects were controlled by each other in the structural equation model, and the variables represent the effects of the individual subjects.

Results

Hypothesis 1: The impact of teaching experience on self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

First, we want to provide absolute levels of self-efficacy beliefs. Thus, we display the means of the factors for the three groups pre-service, trainee, and in-service teachers in Figure 1. The means for pre-service teachers ranged from 2.82 to 3.31, for trainee teachers from 2.85 to 3.38, and for in-service teachers from 3.11 to 3.50.

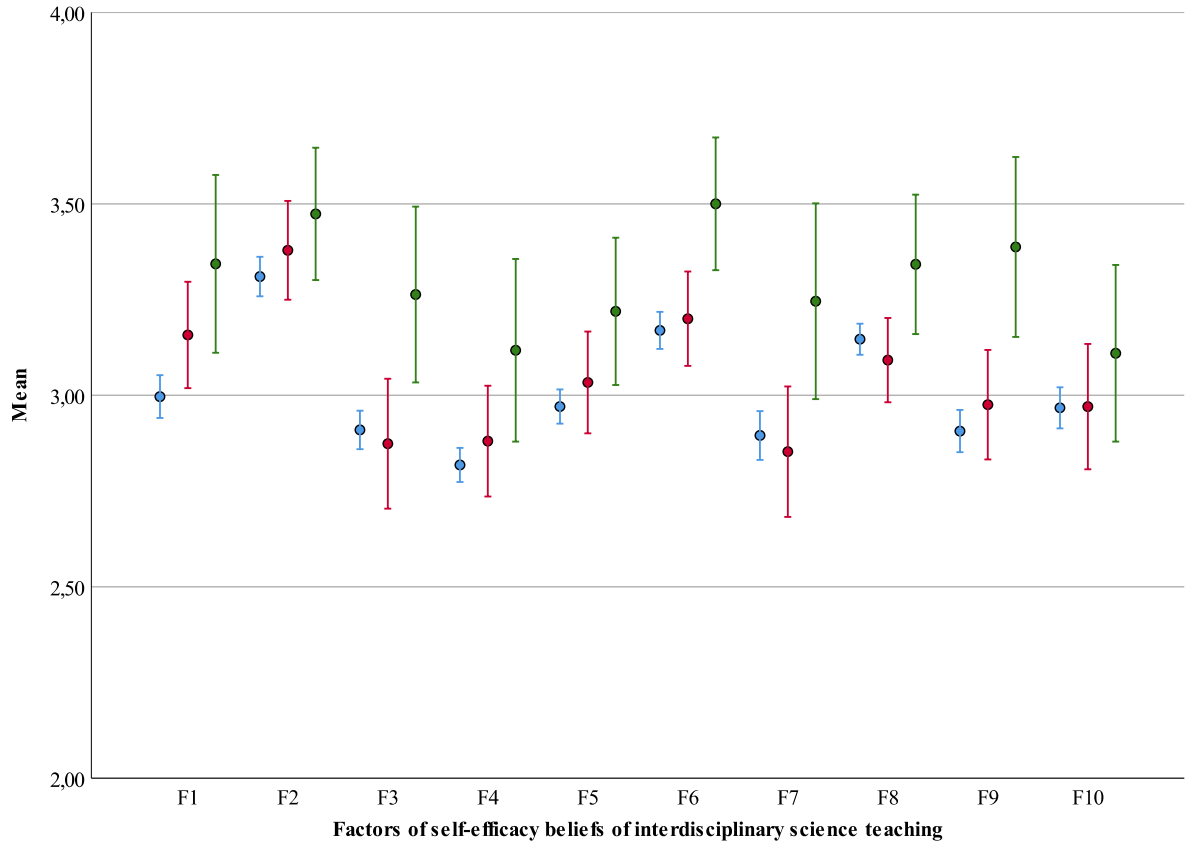

Figure 1: Means and error bars (95 % confidence interval) of the pre-service (blue), trainee (red), and in-service teachers (green) on the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education (*n* = 587). The legend for factor labels is shown in Table 3 and Table 4. The response scale ranged from 1 to 4 ("Is not right," "Is a little right," "Is rather right," "Is exactly right"). Note: The figure shows an extract of the response scale from 2 to 4 due to no values below.

Concerning Hypothesis 1 (n = 587; χ^2/df = 2.76, CFI = 0.95, TLI = 0.95, RMSEA = 0.06, 90 % confidence interval = 0.05–0.06), Table 4 shows that the trainee teachers only have an advantage in *Surveying Dimensions of Scientific Literacy* (F1; β = 0.09, p < 0.05) when compared to the pre-service teachers. The other factors show no differences. In contrast, in-service teachers outperformed pre-service teachers on nine of the ten factors (Table 4; F1–9; β = 0.10–0.24,

$p < 0.05$). Only *Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge* (F10) indicates no effect. These values fit the absolute means in Figure 1, demonstrating nearly no difference between pre-service and trainee teachers and stronger self-efficacy beliefs for in-service teachers.

Table 4: Structural (equation) model of the teaching experience (*n* = 587; dummy coded pre-, trainee, and in-service teachers) on the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. The pre-service teachers are the reference group. Significant results are bold. β = standardized regression coefficient, *SE* = standard error.

Predictor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)
Trainee teachers	**0.09*** (0.04)	0.04 (0.05)	-0.01 (0.04)	0.06 (0.04)	0.06 (0.05)	0.02 (0.04)	-0.02 (0.04)	-0.05 (0.05)	0.04 (0.05)	0.01 (0.04)
In-service teachers	**0.16**** (0.05)	**0.10*** (0.05)	**0.16**** (0.04)	**0.17**** (0.04)	**0.15**** (0.04)	**0.18**** (0.05)	**0.15**** (0.04)	**0.13**** (0.05)	**0.24**** (0.05)	0.07 (0.04)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Notes: F1 = Surveying Dimensions of Scientific Literacy, F2 = Applying Media, F3 = Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science, F4 = Differentiated Fostering of Scientific Inquiry and Communication in Science, F5 = Using Subject-Specific Materials in Science, F6 = Applying Natural Scientific Working Methods, F7 = Applying Methods of Evaluation, F8 = Considering Learning Difficulties and Needs of Students in Science, F9 = Including Science-Specific and General Instructional Strategies, F10 = Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge.

Hypothesis 2: The impact of the number of science subjects studied on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

With respect to Hypothesis 2, the number of studied science subjects ($n = 589$; $\chi^2/df = 2.76$, CFI = 0.95, TLI = 0.95, RMSEA = 0.06, 90 % confidence interval = 0.05–0.06) impacts eight out of ten science-teaching-specific factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching at secondary schools (Table 5; β = 0.10–0.20, $p < 0.05$). Only the generic teaching factors *Applying Media* (F2) and *Applying Methods of Evaluation* (F7) are not affected by the studied science subjects ($p > 0.05$).

Table 5: Structural (equation) model of the number of science subjects studied (*n* = 589; dummy coded one or minimum two) on the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. The legend for the factor labels is shown in Table 4. Significant results are bold. β = standardized regression coefficient, *SE* = standard error.

Predictor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)
Number of science subjects	**0.13**** (0.04)	-0.02 (0.05)	**0.10*** (0.04)	**0.14**** (0.04)	**0.13**** (0.05)	**0.18**** (0.04)	0.05 (0.05)	**0.20**** (0.05)	**0.11*** (0.05)	**0.16**** (0.04)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Hypothesis 3: The impact of the desire to teach science on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

Concerning Hypothesis 3, the desire to teach science (n = 574; χ^2/df = 2.10, CFI = 0.96, TLI = 0.96, RMSEA = 0.04, 90 % confidence interval = 0.04–0.05) has a statistically significant effect on each of the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching at secondary school (Table 6; β = 0.10–0.37, $p < 0.05$). Among these factors, the generic teaching factors *Applying Media* (F2) and *Applying Methods of Evaluation* (F7) are affected rather low (β = 0.10, $p < 0.05$).

Table 6: Structural (equation) model of the desire to teach science (n = 574) on the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. The legend for factor labels is shown in Table 4. Significant results are bold. β = standardized regression coefficient, *SE* = standard error.

Predictor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)
Desire to teach science	**0.16**** (0.04)	**0.10*** (0.05)	**0.15**** (0.04)	**0.18**** (0.04)	**0.37**** (0.03)	**0.28**** (0.04)	**0.10*** (0.05)	**0.29**** (0.04)	**0.20**** (0.05)	**0.28**** (0.04)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Research Question 2: The impact of the individual science subjects studied (biology, chemistry, and physics) on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

The results of Research Question 2 regarding the individual impact of studying biology, chemistry, or physics show a complex structure (Table 7; n = 589, χ^2/df = 2.40, CFI = 0.96, TLI = 0.96, RMSEA = 0.05, 90 % confidence interval = 0.05 – 0.05). The generic teaching factors *Applying Media* (F2) and *Applying Methods of Evaluation* (F7) are not affected by studying biology, chemistry, or physics. *Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science* (F3) is only impacted by studying biology (β = 0.21, $p < 0.01$). The science-teaching-specific factors *Applying Natural Scientific Working Methods* (F6) and *Considering Learning Difficulties and Needs of Students in Science* (F8) are positively associated with studying each of the three science subjects (β = 0.14–0.22, $p < 0.05$). The other factors (F1, 4, 5, 9, and 10) are affected by studying one or two science subjects in different combinations of impact patterns. However, studying chemistry affected seven of the eight science-teaching-specific factors, the exception being *Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science* (F3). *Surveying Dimensions of Scientific Literacy* (F1), *Including Science-Specific and General Instructional Strategies* (F9),

and *Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge* (F10) are affected by studying chemistry exclusively (β = 0.13–0.20, $p < 0.05$).

Table 7: Structural (equation) model of the individual science subjects studied (*n* = 589, biology, chemistry, and physics) on the ten factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. The legend for factor labels is shown in Table 4. Significant results are bold. β = standardized regression coefficient, *SE* = standard error.

Predictor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)	β (*SE*)
Studied biology	0.10 (0.06)	-0.05 (0.06)	**0.21**** (0.06)	**0.14*** (0.06)	0.09 (0.06)	**0.17**** (0.06)	0.07 (0.06)	**0.21**** (0.06)	0.12 (0.06)	0.11 (0.06)
Studied chemistry	**0.16**** (0.05)	0.00 (0.06)	0.05 (0.05)	**0.16**** (0.05)	**0.17**** (0.05)	**0.22**** (0.05)	0.05 (0.05)	**0.22**** (0.06)	**0.13*** (0.06)	**0.20**** (0.05)
Studied physics	0.10 (0.06)	0.03 (0.07)	0.07 (0.06)	0.04 (0.06)	**0.14*** (0.06)	**0.19**** (0.06)	0.03 (0.06)	**0.14*** (0.07)	0.10 (0.07)	0.03 (0.06)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Discussion

This paper explores how factors such as teaching experience, science subjects studied, and the desire to teach science impact the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. Identifying these factors provides starting points for improving teacher education and (prospective) teachers' self-efficacy beliefs. Another research interest focused on the individual impact of studying biology, chemistry, or physics on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. Acknowledging the novelty of this examination, this new investigation could provide first insights into the internal function of specific science subjects for teaching interdisciplinary science in secondary education.

The results indicate that teaching experience, the number of science subjects studied, and the desire to teach science are factors that impact the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. With regard to teaching experience, being a trainee teacher made nearly no difference compared to being a pre-service teacher. Those having teaching experience as an in-service teacher outperformed pre-service teachers in almost all factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. The science subjects studied and the desire to teach science particularly affected the eight science-teaching-specific factors of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. Thus, the first major contribution of this paper is that the findings of previous research in primary education seem to be generally similar in the context of secondary education. The second major contribution of this paper is the so far unknown impact of the individual science subjects. The new results about studying biology, chemistry, or physics on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching show a differentiated pattern: Two factors were affected by no subject in particular, and all subjects affected two factors, indicating no major difference between the subjects. One or two science subjects in different combinations affected the remaining six factors. This result indicates that all science subjects have an impact on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. However, studying chemistry affected seven of the eight science-teaching-specific factors, among them three factors exclusively.

Hypothesis 1: The impact of teaching experience on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

The impact of the teaching experience shows clear patterns. The in-service teachers had the strongest self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education,

while the pre-service teachers and trainee teachers were at a similar lower level, with one exception each. The impact of trainee teachers' teaching experience on *Surveying Dimensions of Scientific Literacy* (F1) indicates that trainee teachers are more familiar with scientific literacy than pre-service teachers. The missing impact of in-service teachers' teaching experience on *Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge* (F10) could be explained by content knowledge being focused mainly when studying at university (Kleickmann et al., 2013, p. 93). In (science) teacher education in Germany, universities often focus primarily on content knowledge in bachelor studies (Neumann et al., 2017, p. 38). In masters studies, the focus shifts to less content knowledge, but it is nevertheless integrated (Neumann et al., 2017, pp. 39–40). As teachers learn the most content knowledge at university, especially as bachelors, there is no mentionable difference in self-efficacy beliefs regarding fostering and surveying content knowledge between pre-service teachers and in-service teachers.

Due to increasing teaching experience, we expected higher self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching for trainee teachers in comparison to pre-service teachers. This was not the case. Rather, we found no difference between pre-service teachers' and trainee teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. We assume several possible reasons for this unexpected result.

i) The group of trainee teachers consisted of 25 % lateral entrants to the teaching profession without any teaching experience before the traineeship. Thus, these trainee teachers had no teaching experience before their traineeship, possibly resulting in lower self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching.

ii) Another possible reason is that whether the mastery experience/teaching experience is positive or negative is important (Bandura, 1995, p. 3, 1997, p. 80). Negative teaching experiences could weaken the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (Bandura, 1995, p. 3, 1997, p. 80). A certain number of trainee teachers could have negative teaching experiences because of the so-called *reality shock* (i.e., as they are confronted with the everyday life of being a school teacher, they realize the complexity of teaching) (Tschannen-Moran et al., 1998, p. 232; Veenman, 1984, p. 143). This assumption fits with the finding of Hoy and Spero (2005, p. 352) that self-efficacy beliefs increased within teacher preparation and decreased with experience as a teacher. Additionally, perhaps, trainee teachers simply have a (more) realistic view of their abilities due to the *reality shock*. This explanation seems to be supported by the lessons taught by pre-service teachers and trainee teachers (see Table 2). The trainee teachers

have taught many more lessons on average (164.1) than pre-service teachers (5.5), but self-efficacy beliefs only increase within the group of in-service teachers.

iii) In line with that argument, it seems possible that pre-service teachers overestimate their abilities (Kazempour, 2013, p. 121; Settlage et al., 2009, p. 118). They could have limited expectations of the skills needed for interdisciplinary science teaching (cf. for biology: Mavrikaki & Athanasiou, 2011, p. 209), or underestimate the difficulty and complexity of required tasks (Hoy & Spero, 2005, p. 353; Weinstein, 1988, p. 37). All of these reasons could result in inflated self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. A lack of teaching experience could explain these discrepancies because the pre-service teachers only had restricted opportunities to recognize teaching as challenging and to experience the outcomes of their teaching of learning groups. Our sample could be skewed by this issue because the bachelor students (48.7 % of the sample) had only taught 2.9 lessons in a science subject, on average, with a median of 0 (see Table 2).

In sum, there are reasonable explanations for the lack of difference between pre-service and trainee teachers' self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. Our results suggest that it is not reasonable to assume a straightforward linear growth of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching with increasing teaching experience for secondary education from pre-service to trainee teachers. The self-efficacy beliefs in interdisciplinary science in different teacher groups are framed differently. In addition, the opportunities for experiences during teacher studies and working as a teacher are diverse and differ from each other (e.g., internships or continuously teaching with responsibility for students' learning progress).

Additionally, in-service teachers being those with the highest self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching is also supported by the fact that this group has the highest mean of the three. The in-service teachers of our sample were rather experienced as they had conducted 9.9 years of teaching at a school on average (median = 8, see Table 2). Thus, we can assume that they know the abilities required and obstacles to overcome in teaching. The intensive direct experience expressed via years of teaching experience probably resulted in higher self-efficacy beliefs (Bandura, 1995, p. 3, 1997, p. 80). This is supported, for example, by Mavrikaki and Athanasiou (2011, p. 207), stating for biology teaching: "As the years of teachers' experience increase, so does their self-efficacy beliefs."

In sum, our results indicate that teaching experience plays a critical role in self-efficacy beliefs and that it increases self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (e.g., Lumpe et

al., 2012, p. 161; Velthuis et al., 2014, p. 456) – at least for ‘experts’ of in-service teaching (teachers with approximately ten years of experience on average). Trainee teachers seem to suffer from a *reality shock* (Tschannen-Moran et al., 1998, p. 232; Veenman, 1984, p. 143), making their perception of their teaching abilities more realistic.

However, besides the relative differences between the three groups, it is evident that all test participants showed relatively high self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching on average (higher than the theoretical mean of 2.5 on a scale from 1 to 4). The rather high values of self-efficacy beliefs could arise from a more general issue of measuring this construct considering other studies, measures, and contexts (Handtke & Bögeholz, 2019a, p. 14). Besides this methodological issue, the reasons for these high values of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching are diverse. These could be the same as for the pre-service teachers’ higher values above: the overestimation of their skills (Kazempour, 2013, p. 121; Settlage et al., 2009, p. 118), unawareness of the abilities necessary to teach science (cf. for biology: Mavrikaki & Athanasiou, 2011, p. 209), or underestimation of the complex nature of the tasks (Hoy & Spero, 2005, p. 353; Weinstein, 1988, p. 37). This is plausible because of the high number of pre-service teachers (81.7 %) in the whole study sample.

Hypothesis 2: The impact of the number of science subjects studied on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

Another factor impacting the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching was the number of science subjects studied. The greater the number of science subjects studied, the higher the self-efficacy beliefs about science-teaching-specific factors. The results understandably did not account for the generic teaching factors *Applying Media* (F2) and *Applying Methods of Evaluation* (F7). These results are in line with previous findings that pre-service primary teachers with science as a major hold higher self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching than those with other majors (Joseph, 2010, p. 6). It is plausible that the two mentioned generic teaching factors are not influenced by studying more science subjects in particular compared to studying other subjects. As the factors’ contents include beliefs about generic teaching, teacher studies for all subjects contribute to these topics. Thus, generic teaching self-efficacy beliefs do not especially benefit from more studied science subjects in contrast to other subjects. In sum, the results clearly underline the importance of studying multiple science subjects for the science-teaching-specific factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in teacher education.

Hypothesis 3: The impact of the desire to teach science on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

The third factor investigated that had an impact on self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching was the desire to teach science. The desire to teach science affects each factor of the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education. However, the generic teaching factors *Applying Media* (F2) and *Applying Methods of Evaluation* (F7) are affected relatively low. This result is logical as the desire to teach science is related to the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching (e.g., Enochs & Riggs, 1990, p. 23; Menon & Sadler, 2016, p. 661). An effect on generic teaching factors is plausible because they are a part of teaching science as well. Thus, the generic teaching factors are affected by the desire to teach science as well. However, the subject-specific desire to teach science should especially impact science-teaching-specific factors due to the context specificity of self-efficacy beliefs (Park & Oliver, 2008, p. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, p. 227), resulting in a stronger impact than on generic teaching factors. Overall, our investigation reveals the clear effects of the desire to teach science on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.

Research Question 2: The impact of the individual science subjects studied (biology, chemistry, and physics) on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education

The examination of the impact of the individual science subjects on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching uncovered a diverse image. Reasonably, the generic teaching factors *Applying Media* (F2) and *Applying Methods of Evaluation* (F7) are unaffected by one specific science subject due to the context specificity of self-efficacy beliefs (Park & Oliver, 2008, p. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, p. 227). In contrast, the science-teaching-specific factors *Applying Natural Scientific Working Methods* (F6) and *Considering Learning Difficulties and Needs of Students in Science* (F8) are positively affected by studying all science subjects. This is believable because, with working methods and learning difficulties, these factors contain topics relevant to all science subjects. Moreover, *Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science* (F3) is understandably only impacted by studying biology. In contrast to other science subjects, biology addresses multiple topics to foster socioscientific reasoning and decision-making in school, such as different aspects of health, sexual self-determination, or livestock farming (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, p. 79). Furthermore, for example,

in the curriculum for physics, the chances for fostering socioscientific reasoning and decision-making are more limited (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, p. 25).

The remaining factors (F1, 4, 5, 9, and 10) indicate different patterns concerning the impact of science subjects. *Surveying Dimensions of Scientific Literacy* (F1), *Including Science-Specific and General Instructional Strategies* (F9), and *Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge* (F10) are only affected by chemistry studies. *Differentiated Fostering of Scientific Inquiry and Communication in Science* (F4) and *Using Subject-Specific Materials in Science* (F5) show the impact of two science subjects studied (F4: biology and chemistry, F5: chemistry and physics). Thus, the diverse pattern suggests that all science subjects have an impact on the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching.

In particular, studying chemistry had an impact on seven of the ten factors. Indeed, when ignoring the generic teaching factors without any impact, only *Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science* (F3) does not especially benefit from chemistry studies. Overall, nearly all science-teaching-specific factors are affected by studying chemistry, four by studying biology, and three by studying physics. Moreover, three factors are only positively affected by studying chemistry.

On the one hand, these findings reveal a diverse pattern, indicating that all science subjects studied are important for the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. On the other hand, these science subjects contribute to varying extents. Among them, chemistry could be important content influencing science-teaching-specific self-efficacy beliefs. Perhaps in interdisciplinary science teaching, chemistry content serves as a basis for certain biology and physics topics. For example, regarding lower secondary education, topics of biology such as cell respiration and neurophysiology and topics of physics such as thermodynamics or atomic physics show links to chemistry, while topics of biology and physics probably provide fewer links between each other. This could be a hint that studying chemistry prepares one more for the other unstudied science subjects than does studying biology or physics and, thus chemistry could better prepare one for interdisciplinary science teaching in secondary education. This assumption is supported by the previous finding that studying chemistry was the only science subject with a positive effect on self-rated content knowledge besides the corresponding subject (chemistry studies on self-rated content knowledge in physics; Handtke & Bögeholz, 2020b, p. 58). This also underlines the possible linking function of chemistry studies.

Besides our directly addressed research questions and hypotheses, some of our results indirectly provide arguments for the construct and criterion validity of the SElf-ST instrument by using theory-based external criteria relevant for self-efficacy beliefs and their diagnosis (Hartig et al., 2012, p. 164). Besides the newly uncovered impact of the individual science subjects, the findings of this paper regarding secondary education are generally consistent with those of previous research on primary education. Thus, the clear advantage of studying multiple science subjects instead of only studying one (Hypothesis 2) and the impact of the desire to teach science (Hypothesis 3) support the criterion and construct validity. Considering our explanations of the trainee teachers' test values, the impact of the teaching experience regarding all three groups (Hypothesis 1) also seems to support the criterion and construct validity of our test values' interpretation.

Limitations

This study focused mainly on pre-service teachers. For practical reasons, pre-service teachers were easy to access for the study. Second, they were the most important target group of the "Qualitätsoffensive Lehrerbildung", which aims to advance German teacher education at universities. Nevertheless, the inclusion of even more trainee and in-service teachers in a sample would be desirable. In addition, the number of test persons studying physics with a second science subject was limited. However, one explanation is that there are, in total, more biology and chemistry than physics pre-service teachers at German universities. For example, in the winter semester 2018/2019 at German universities 12005 pre-service teachers studied biology, 5369 chemistry, and 2818 physics (and astronomy) in the first semester (Statistisches Bundesamt [Destatis], 2019, p. 43).

Furthermore, the distribution of teaching experience in and between the three groups (pre-service teachers, trainee teachers, and in-service teachers) has to be considered. The (prospective) teachers in all three groups were diverse in terms of their teaching experiences. A large number of pre-service teachers had no teaching experience at all (indicated by a median of 0). Some pre-service teachers had relatively often taught lessons in a science subject (mean = 5.5 lessons, standard deviation = 17). The group of trainee teachers consisted of 25 % lateral entrants to the teaching profession without any teaching experience before the traineeship. Thus, these trainee teachers had no teaching experience before their training. This condition resulted in a broad distribution of teaching experience in the group of trainee teachers as well (mean = 164.1 lessons, standard deviation = 296). The in-service teachers' group also has a broad distribution of teaching experience (from 0.5 to 39 years). The mean and standard deviation (mean = 9.9 years,

standard deviation = 9.2) also indicate that the group contains beginner and experienced in-service teachers. The presented values reveal an extremely heterogeneous distribution of teaching experience within and between the three groups. On the one hand, this ensures the integration of many different levels of teaching experience, ensuring the representativeness of the sample. On the other hand, this distribution leads to extreme comparisons of pre-service teachers with zero experience teaching lessons so far and in-service teachers with decades of teaching experience (maximum = 39 years). In addition to the cross-sectional design, the characteristics of our sample must be kept in mind when looking at the differences in the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching.

Further, the investigation of teaching experience only made sense indirectly by the actual status of the test persons as pre-service teachers, trainee teachers, or in-service teachers for the predictor of the structural equation model. To measure teaching experience, we asked pre-service and in-service teachers to indicate how many lessons they have taught in science subjects so far. The in-service teachers were partly very experienced. Thus, it was not reasonable to ask in-service teachers how many lessons they have taught, for example, in the last 39 years, meaning that they indicated the years they taught at school. However, therefore in-service teachers could not be integrated into a structural equation model with taught lessons. Even for trainee teachers, the indication of the number of taught lessons was hardly reasonable. Some estimated having taught more than 1000 lessons. However, this estimated information is less reliable. Thus, a structural equation model with the taught lessons in science subjects as a predictor was not reasonable. Therefore, using the actual status as a pre-service teacher, trainee teacher, or in-service teacher as the predictor of the structural equation model seemed to be the best option. Furthermore, we do not know if the experience (i.e., the taught lessons) was judged as positive or negative.

Finally, the overall impact of the reimbursement can be disregarded (Handtke & Bögeholz, 2020a, p. 1449). When we investigated the effect with a structural equation model dummy coded (0 = “no reimbursement,” 1 = “reimbursement”), only one factor showed an effect: *Applying Media* (F2) was positively influenced by the variable for reimbursement ($\beta = 0.15$, $SE = 0.04$, $p < 0.01$) to some extent (Handtke & Bögeholz, 2020a, p. 1449).

Implications for science (subject) teacher education and future research

Building on our results, we conclude some possible implications for science (subject) teacher education and the resulting suggestions for future research. Teaching experience seems to be crucial for prospective teachers. Thus, focusing on the integration of different, complementary types of teaching experience should be the aim of teacher education. At the beginning of teacher education, settings with reduced complexity, such as simulations, are preferable for pre-service teachers at university. Another example is microteaching units to provide direct teaching experiences for pre-service teachers (e.g., Gunning & Mensah, 2011, p. 179). However, self-efficacy research has focused on primary education so far (Blonder et al., 2014, p. 9). Thus, suitable teaching experiences should be further explored qualitatively to identify keys for direct teaching experiences in secondary teacher education. Furthermore, longitudinal studies could provide insights into the development of (prospective) teachers through the years of teacher education and teaching at a school of secondary education. These studies could also further investigate the existence and effects of the so-called *reality shock* (Tschannen-Moran et al., 1998, p. 232; Veenman, 1984, p. 143).

Similar to the already revealed positive effect of studying corresponding or multiple science subjects on the self-rated content knowledge in biology, chemistry, and physics (Handtke & Bögeholz, 2020b, p. 58), we identified the advantage of studying more than one science subject for the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. These results indicate that more training in previously unstudied subjects could support (prospective) teachers for teaching interdisciplinary science. Furthermore, the findings point to the fact that studying chemistry could be crucial for interdisciplinary science teaching in secondary education to some degree. Combining these results, it seems reasonable to suggest that prospective pre-service teachers for secondary education should study science subjects such as biology or physics in combination with chemistry. Evaluation studies are necessary to further investigate the specific effect of studying more subjects, especially chemistry, in emerging study programs such as certificates for teaching interdisciplinary science (e.g., Eggert et al., 2018).

Since it was uncovered that the desire to teach science is a factor influencing the self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education, the origins and sources of a strong desire to teach science should be further explored. What constitutes the desire to teach science? What are the settings, conditions, and measures to foster the desire to teach science? These questions need further (qualitative) research to broaden the knowledge base regarding the desire to teach science.

Acknowledgments

This project is part of the “Qualitätsoffensive Lehrerbildung”, a joint initiative of the Federal Government and the *Länder*, which aims to improve the quality of teacher training. The programme is funded by the Federal Ministry of Education and Research (reference number SPL first phase: 01JA1617, SPL second phase: 01JA1917). The authors are responsible for the content of this publication.

We also wish to thank all the pre-service teachers, trainee teachers, and in-service teachers who were part of this study.

We declare no conflict of interest.

References

Adamina, M., & Möller, K. (2010). Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen öffnen. In P. Labudde (Ed.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.-9. Schuljahr* (1st ed., pp. 103–116). Haupt.

Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(1), 43–61. https://doi.org/10.1023/A:1015181809961

Aurah, C. M., & McConnell, T. J. (2014). Comparative study on pre-service science teachers' self-efficacy beliefs of teaching in Kenya and the United States of America; USA. *American Journal of Educational Research*, *2*(4), 233–239. https://doi.org/10.12691/education-2-4-9

Bae, C. L., Hayes, K. N., & DeBusk-Lane, M. (2020). Profiles of middle school science teachers: Accounting for cognitive and motivational characteristics. *Journal of Research in Science Teaching*, *57*(6), 911–942. https://doi.org/10.1002/tea.21617

Bandura, A. (1995). Exercise of personal and collective efficacy in changing societies. In A. Bandura (Ed.), *Self-efficacy in changing societies* (pp. 1–45). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511527692.003

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control* (1st ed.). W.H. Freeman and Company.

Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 307–337). Information Age Publishing.

Baumert, J., & Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers: Results from the COACTIV project* (pp. 25–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5

Bautista, N. U. (2011). Investigating the use of vicarious and mastery experiences in influencing early childhood education majors' self-efficacy beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(4), 333–349. https://doi.org/10.1007/s10972-011-9232-5

Blonder, R., Benny, N., & Jones, M. G. (2014). Teaching self-efficacy of science teachers. In R. Evans, J. Luft, C. Czerniak, & C. Pea (Eds.), *The role of science teachers' beliefs in international classrooms: From teacher actions to student learning* (1st ed., pp. 3–15). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-557-1_1

Bouffard-Bouchard, T., Parent, S., & Larivée, S. (1991). Influence of self-efficacy on self-regulation and performance among junior and senior high-school age students. *International Journal of Behavioral Development*, *14*(2), 153–164. https://doi.org/10.1177/016502549101400203

Britner, S. L., & Pajares, F. (2006). Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(5), 485–499. https://doi.org/10.1002/tea.20131

Broggy, J., O'Reilly, J., & Erduran, S. (2017). Interdisciplinarity and science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (1st ed., pp. 81–90). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_6

Bröll, L., & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht: Eine Bestandsaufnahme in Baden-Württemberg. *MNU Journal*, *65*(3), 180–186.

Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research.* The Guilford Press.

Bursal, M. (2010). Turkish preservice elementary teachers' self-efficacy beliefs regarding mathematics and science teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *8*(4), 649–666. https://doi.org/10.1007/s10763-009-9179-6

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77–94). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Conway, J. M., & Huffcutt, A. I. (2003). A review and evaluation of exploratory factor analysis practices in organizational research. *Organizational Research Methods*, *6*(2), 147–168. https://doi.org/10.1177/1094428103251541

de Laat, J., & Watters, J. J. (1995). Science teaching self-efficacy in a primary school: A case study. *Research in Science Education*, *25*(4), 453–464. https://doi.org/10.1007/BF02357387

Dörges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU Journal*, *54*(4), 230-232.

Duffin, L. C., French, B. F., & Patrick, H. (2012). The Teachers' Sense of Efficacy Scale: Confirming the factor structure with beginning pre-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, *28*(6), 827–834. https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.03.004

Eggert, S., Bögeholz, S., Oberle, M., Sauer, M., Schneider, S., & Surkamp, C. (2018). Herausforderung Interdisziplinäres Unterrichten in der Lehrerbildung: Das Göttinger Zertifikatsmodell. *Journal für LehrerInnenbildung*, *18*(3), 51–55.

Enochs, L. G., & Riggs, I. M. (1990, April 8–11). *Further development of an elementary science teaching efficacy belief instrument: A preservice elementary scale* [Paper presentation]. 63rd meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Atlanta, GA, United States. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED319601.pdf

Forsthuber, B., Horvath, A., Almeida Coutinho, A. S. d., Motiejūnaitė, A., & Baïdak, N. (2011). *Science education in Europe: National policies, practices and research*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. https://doi.org/10.2797/7170

Fruböse, C., Illgen, J., Kohm, L., & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften: Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. *MNU Journal*, *64*(7), 433–439.

Graube, G., Mammes, I., & Tuncsoy, M. (2013). Natur und Technik in der gymnasialen Orientierungsstufe: Zur Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes. *MNU Journal*, *66*(3), 176–179.

Gunning, A. M., & Mensah, F. M. (2011). Preservice elementary teachers' development of self-efficacy and confidence to teach science: A case study. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(2), 171–185. https://doi.org/10.1007/s10972-010-9198-8

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2019a). Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument: Drafting a theory-based measurement. *Education Sciences*, *9*(4), Article 247. https://doi.org/10.3390/educsci9040247

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2019b, September 12). *Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften: Messinstrumententwicklung und Einflussfaktoren* [Conference presentation]. Internationale Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der

Chemie und Physik (GDCP) und der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB im VBio), Vienna, Austria.

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020a). Arguments for construct validity of the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument. *European Journal of Educational Research*, *9*(4), 1435–1453. https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1435

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020b). Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching. *RISTAL*, *3*, 46–67. https://doi.org/10.23770/rt1832

Hartig, J., Frey, A., & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Eds.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2nd ed., pp. 143–171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_7

Hoy, A. W., & Spero, R. B. (2005). Changes in teacher efficacy during the early years of teaching: A comparison of four measures. *Teaching and Teacher Education*, *21*(4), 343–356. https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.01.007

Ingersoll, R. M. (2005). The problem of underqualified teachers: A sociological perspective. *Sociology of Education*, *78*(2), 175–178. http://www.jstor.com/stable/4148904

Joseph, J. (2010). Does intention matter? Assessing the science teaching efficacy beliefs of pre-service teachers as compared to the general student population. *Electronical Journal of Science Education*, *14*(1), 1–14. https://ejrsme.icrsme.com/article/view/7332/5620

Kahraman, S., Yilmaz, Z. A., Bayrak, R., & Gunes, K. (2014). Investigation of pre-service science teachers' self-efficacy beliefs of science teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *136*, 501–505. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.364

Kazempour, M. (2013). The interrelationship of science experiences, beliefs, attitudes, and self-efficacy: A case study of a pre-service teacher with positive science attitude and high science teaching self-efficacy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *1*(3), 106–124. https://doi.org/10.30935/scimath/9391

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. https://doi.org/10.1177/0022487112460398

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 11–19. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9

Little, T. D. (2013). *Longitudinal structural equation modeling*. The Guilford Press.

Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J., & Beltyukova, S. (2012). Beliefs about teaching science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education*, *34*(2), 153–166. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.551222

Mavrikaki, E., & Athanasiou, K. (2011). Development and application of an instrument to measure Greek primary education teachers' biology teaching self-efficacy beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *7*(3), 203–213. https://doi.org/10.12973/ejmste/75197

Menon, D., & Sadler, T. D. (2016). Preservice elementary teachers' science self-efficacy beliefs and science content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, *27*(6), 649–673. https://doi.org/10.1007/s10972-016-9479-y

Metzger, S. (2010). Die Naturwissenschaften fächerübergreifend vernetzen. In P. Labudde (Ed.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.–9. Schuljahr* (1st ed., pp. 29–44). Haupt.

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Eds.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2nd ed., pp. 7–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_2

Nagle, B. (2013). Preparing high school students for the interdisciplinary nature of modern biology. *CBE–Life Sciences Education*, *12*(2), 144–147. https://doi.org/10.1187/cbe.13-03-0047

Neumann, K., Härtig, H., Harms, U., & Parchmann, I. (2017). Science teacher preparation in Germany. In J. E. Pedersen, T. Isozaki, & T. Hirano (Eds.), *Model science teacher preparation programs: An international comparison of what works* (pp. 29–52). Information Age Publishing.

Niedersächsisches Kultusministerium (Ed.). (2015). *Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5–10: Naturwissenschaften*. Unidruck. https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=18

Niedersächsisches Kultusministerium (Ed.). (2020). *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5–10: Naturwissenschaften*. Unidruck. https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=234

Palmer, D., Dixon, J., & Archer, J. (2015). Changes in science teaching self-efficacy among primary teacher education students. *Australian Journal of Teacher Education*, *40*(12). https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n12.3

Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 922–941. https://doi.org/10.1002/tea.21022

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261–284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Ramey-Gassert, L., Shroyer, M. G., & Staver, J. R. (1996). A qualitative study of factors influencing science teaching self-efficacy of elementary level teachers. *Science Education*, *80*(3), 283–315. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199606)80:3%3C283::AID-SCE2%3E3.0.CO;2-A

Riggs, I. M., & Enochs, L. G. (1990). Toward the development of an elementary teacher's science teaching efficacy belief instrument. *Science Education*, *74*(6), 625–637. https://doi.org/10.1002/sce.3730740605

Rosseel, Y., Oberski, D., Byrnes, J., Vanbrabant, L., Savalei, V., Merkle, E., Hallquist, M., Rhemtulla, M., Katsikatsou, M., Barendse, M., Chow, M., & Jorgensen T. D. (2018). *Lavaan: Latent variable analysis*. Retrieved February 13, 2019, from https://cran.r-project.org/web/packages/lavaan/lavaan.pdf

Schulte, K., Watermann, R., & Bögeholz, S. (2011). Überprüfung der faktoriellen Validität einer multidimensionalen Skala der Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartung. *Empirische Pädagogik*, *25*(2), 232–256.

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Eds.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* (*Zeitschrift für Pädagogik*, Supplement 44, pp. 28–53). Beltz. https://doi.org/10.25656/01:3930

Settlage, J., Southerland, S. A., Smith, L. K., & Ceglie, R. (2009). Constructing a doubt-free teaching self: Self-efficacy, teacher identity, and science instruction within diverse settings. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(1), 102–125. https://doi.org/10.1002/tea.20268

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* (1st ed., pp. 3–13). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315735665

Statistisches Bundesamt. (2019). *Bildung und Kultur: Studierende an Hochschulen: Wintersemester 2018/2019* (Fachserie 11 Reihe 4.1). https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/studierende-hochschulen-endg-2110410197004.pdf;jsessionid=2668C17F0FB411994FB9829152E97351.internet8711?__blob=publicationFile

Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., & Hoy, W. K. (1998). Teacher efficacy: Its meaning and measure. *Review of Educational Research*, *68*(2), 202–248. https://doi.org/10.3102/00346543068002202

Veenman, S. (1984). Perceived problems of beginning teachers. *Review of Educational Research*, *54*(2), 143–178. https://doi.org/10.3102/00346543054002143

Velthuis, C., Fisser, P., & Pieters, J. (2014). Teacher training and pre-service primary teachers' self-efficacy for science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(4), 445–464. https://doi.org/10.1007/s10972-013-9363-y

Vidwans, M. (2016). *Exploring science teachers' self-efficacy perceptions to teach in Ontario's diverse classrooms: A Mixed-Methods investigation* (Publication No. 3893) [Doctoral Dissertation, University of Western Ontario]. Electronic Thesis and Dissertation Repository. https://ir.lib.uwo.ca/etd/3893

Wallace, C. S. (2014). Overview of the role of teacher beliefs in science education. In R. Evans, J. Luft, C. Czerniak, & C. Pea (Eds.), *The role of science teachers' beliefs in international classrooms: From teacher actions to student learning* (1st ed., pp. 17–31). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-557-1_2

Weinstein, C. S. (1988). Preservice teachers' expectations about the first year of teaching. *Teaching and Teacher Education*, *4*(1), 31–40. https://doi.org/10.1016/0742-051X(88)90022-4

Wheaton, B., Muthén, B., Alwin, D. F., & Summers, G. F. (1977). Assessing reliability and stability in panel models. *Sociological Methodology*, *8*, 84–136. http://dx.doi.org/10.2307/270754

Yilmaz, H., & Çavaş, P. H. (2008). The effect of the teaching practice on pre-service elementary teachers' science teaching efficacy and classroom management beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *4*(1), 45–54. https://doi.org/10.12973/ejmste/75305

Supplementary material: Introduction to the questionnaire and the factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education[16]

Please assess your abilities of interdisciplinary science teaching in the context of the following situation:

> Situation description: Imagine you already teach at least one of the subjects biology, chemistry, or physics. From now on, you will be requested to teach interdisciplinary science at a comprehensive school. Please asses your abilities for teaching interdisciplinary science.

Table S1: Factors and items of the SElf-ST instrument. α = Cronbach's alpha, *n* = number of items, *M* = mean, *SD* = standard deviation, λ = item loadings on the factor, (S) = science-teaching-specific, (G) = generic teaching. The first item's loading of each factor was automatically fixed to 1 before standardization.

Factors and its items	**α (*n*)**	***M* (*SD*)**	**λ**
1. Surveying Dimensions of Scientific Literacy (S) **Even in science teaching, I can…**		**3.04 (0.63)**	**0.81 – 0.89**
… survey argumentation competence[17] as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).	0.88 (5)	2.93 (0.79)	0.81
… survey observation competence as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).		3.11 (0.74)	0.89
… survey competence regarding diagrams as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).		3.02 (0.79)	0.81
… survey experimentation competence as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).		3.14 (0.75)	0.87
… survey model competence as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).		2.98 (0.75)	0.82
2. Applying Media (G) **Even in science teaching, I can…**		**3.33 (0.57)**	**0.68 – 0.82**
… use representations from books and e-books (e.g., path-time-curves, representation of the heart, time lapse of crystal-growth, chemical structural formulae).	0.77 (4)	3.27 (0.76)	0.82

[16] Examples of items from Handtke and Bögeholz (2019a, p. 8, 2020a, p. 1442) may differ from the wording in this appendix. However, the changes resulted in better wordings with synonymous meanings. Thus, we recommend to use the translation of the items of the appendix at hand.

[17] Scientific argumentation/reasoning

… apply digital media (e.g., for the optical and acoustic representation of sound, the simulation of particle movements, an app for the identification of bats or plants).		3.33 (0.76)	0.68
… use overhead transparencies and documentation camera[18] for presentation purposes (e.g., as an ice-breaker, product presentation of students, to compare experimentation results).		3.42 (0.68)	0.76
… use the blackboard and the (interactive) whiteboard[19] for structuring, visualization and documentation purposes (e.g., hypothesis formation, measurement results documentation, securing the results and conclusions).		3.30 (0.76)	0.75
3. Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science (S) **Even in science teaching, I can…**		**2.93 (0.59)**	**0.62 – 0.89**
… take into account difficulties of students regarding ethically complex questions (e.g., regarding the topics animal testing, climate change, nuclear power).	0.78 (4)	3.16 (0.77)	0.62
… foster the students' handling of ethical complexity within the competence area of socioscientific decision-making cumulatively and systematically **over the course of several school years**.		2.82 (0.75)	0.86
… foster the students' handling of ethical complexity within the competence area of socioscientific decision-making cumulatively and systematically **over the course of a single teaching unit**.		2.80 (0.75)	0.80
… survey socioscientific decision-making[20] as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).		2.93 (0.77)	0.89
4. Differentiated Fostering of Scientific Inquiry and Communication in Science (S) **Even in science teaching, I can…**		**2.85 (0.53)**	**0.65 – 0.87**
… take into account various learning conditions of students by incorporating differentiating materials and approaches (e.g., subject-specific methods and procedures regarding experimenting and tasks for assessment competences).	0.84 (5)	2.72 (0.74)	0.65
… foster the mindset and working methods of students within the competence area of scientific inquiry cumulatively[21] and systematically[22] **over the course of several school years**.		2.80 (0.69)	0.83
… foster the mindset and working methods of students within the competence area of scientific inquiry cumulatively[23] and systematically **over the course of a single teaching unit**.		2.90 (0.62)	0.87
… refine the students' abilities within the competence area of communication cumulatively and systematically **over the course of a single teaching unit**.		2.90 (0.66)	0.83
… refine the students' abilities within the competence area of communication cumulatively and systematically **over the course of several school years**.		2.90 (0.68)	0.83

[18] Book pages, photos and items are recorded and can be presented (and edited) via a projector or an interactive white board
[19] Brand names would be ActivBoard or Smartboard
[20] Socioscientific decision-making/reasoning/argumentation
[21] Considering the student pre-knowledge from **previous schooling** and regarding abilities to acquire in the **following school years.**
[22] Applying competency models and methods for a research-based promotion of abilities.
[23] Considering the student pre-knowledge **within a teaching unit** and regarding abilities to acquire in the **following teaching units.**

5. Using Subject-Specific Materials in Science (S) **Even in science, I can…**		**2.99 (0.51)**	**0.66 – 0.82**
… employ textbooks (e.g., *Prisma Naturwissenschaften, Erlebnis Naturwissenschaften*) and their materials when creating teaching practices.	0.74 (4)	3.21 (0.64)	0.74
… integrate (adapted) materials created by other teachers into my classes (e.g., published in magazines such as *Unterricht Biologie/Physik/Chemie*, *MNU*[24], *PdN*[25]).		3.21 (0.63)	0.72
… create teaching practices considering the curriculum.		2.87 (0.70)	0.82
… create teaching practices using nationwide educational programmes (e.g., *SINUS/SINUS-Transfer*, *BiK/ChiK/PiKo*[26], BLK-Programmes *21/21-Transfer*).		2.68 (0.75)	0.66
6. Applying Natural Scientific Working Methods (S) **Even in science teaching, I can…**		**3.19 (0.54)**	**0.76 – 0.80**
… integrate experiments in order to examine hypotheses.	0.82 (5)	3.27 (0.75)	0.77
… guide criteria-based comparisons (e.g., comparing the anatomy of organisms, models of atoms, characteristics of chemical substances such as thermal conductivity).		3.11 (0.69)	0.79
… use models as research tools (e.g., hypothesizing and hypothesis testing with the atomic model, the model of a nerve cell, the model of a wind tunnel).		3.13 (0.71)	0.80
… initiate systematical observations conducted by students (e.g., the behavior of living organisms, chemical reactions, field observations such as partial solar eclipses).		3.18 (0.69)	0.79
… employ models for the purpose of illustrating concepts and let the students critically reflect them (e.g., model of the DNA, a 3D-model of a molecule, an atomic model).		3.29 (0.69)	0.76
7. Applying Methods of Evaluation (G) **Even in science teaching, I can…**		**2.91 (0.72)**	**0.85 – 0.87**
… employ methods for formative evaluation[27] (e.g., a questionnaire on learning premises or a concept-map on climate change).	0.84 (3)	2.94 (0.81)	0.85
… apply methods for summative evaluation[28] (e.g., a test for the purpose of performance assessment).		3.03 (0.84)	0.86
… consider benefits and drawbacks regarding summative and formative evaluation processes and consequently choose a suitable method.		2.77 (0.83)	0.87

[24] (transl. :) Mathematics and Science Education
[25] (transl. :) Scientific Practices
[26] BiK: (transl. :) Biology in Context; ChiK: (transl. :) Chemistry in Context; PiKo: (transl. :) Physics in Context
[27] Supporting the learning process
[28] Evaluation of effects

8. Considering Learning Difficulties and Needs of Students in Science (S) **Even in science teaching, I can…**		**3.15 (0.46)**	**0.63 – 0.70**
… incorporate everyday ideas of students (e.g., energy is produced during photosynthesis and climate change can be traced back to various forms of carbon dioxide).	0.72 (5)	3.19 (0.64)	0.68
… take up typical mistakes of students made when experimenting (e.g., unsystematic handling with variables, generating effects) as a learning opportunity.		3.13 (0.73)	0.67
… take up difficulties of students when working with models (e.g., employing models as research tool as well as the primary approach of models as representational depictions of nature) as a learning opportunity.		3.09 (0.72)	0.70
… foster the student interests in specific cross-sectional topics of the science subjects (e.g., effects of and handling of medication or drugs).		3.13 (0.65)	0.63
… increase the student motivation for science learning by lifeworld reference (e.g., with topics such as solar cells and nutrition).		3.23 (0.62)	0.69
9. Including Science-Specific and General Instructional Strategies (S/G) **Even regarding my science teaching, I can…**		**2.95 (0.63)**	**0.76 – 0.80**
… develop it in consideration of the model of educational reconstruction[29] (e.g., considering topics such as climate, energy).	0.76 (3)	2.85 (0.77)	0.77
… tailor it to action orientation and problem orientation[30].		3.00 (0.74)	0.80
… plan and conduct it according to the hypothetic-deductive method[31].		2.99 (0.77)	0.76
10. Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge (S) **Even in science teaching, I can…**		**2.98 (0.61)**	**0.80 – 0.86**
… foster the students' abilities regarding the content knowledge by including core ideas cumulatively and systematically **over the course of several school years.**	0.79 (3)	2.97 (0.72)	0.84
… foster the students' abilities regarding the content knowledge by including core ideas cumulatively and systematically **over the course of a single teaching unit.**		2.96 (0.72)	0.86
… survey content knowledge as part of the basic science education (*Scientific Literacy*).		3.01 (0.75)	0.80

[29] According to this model, a didactic structuring of lessons takes place as a consequence of the correlation of subject-specific perspectives and learner perspectives.
[30] According to Adamina and Möller (2010, p. 105) problem orientation takes "problems related to items and situations as starting points for learning processes" (translated). Action orientation stands for the independent exploration of things and situations as well as one's own actions (ibid).
[31] Forming a hypothesis regarding a problem based on an observable phenomenon or literature, employing an experiment for examination purposes.

Table S2: Intercorrelations of the ten factors of self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching. F1 = Surveying Dimensions of Scientific Literacy, F2 = Applying Media, F3 = Teaching Ethically Relevant Issues of Applied Science, F4 = Differentiated Fostering of Scientific Inquiry and Communication in Science, F5 = Using Subject-Specific Materials in Science, F6 = Applying Natural Scientific Working Methods, F7 = Applying Methods of Evaluation, F8 = Considering Learning Difficulties and Needs of Students in Science, F9 = Including Science-Specific and General Instructional Strategies, F10 = Surveying and Fostering Natural Scientific Content Knowledge.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	1									
F2	0.47	1								
F3	0.75	0.40	1							
F4	0.65	0.50	0.79	1						
F5	0.53	0.53	0.52	0.62	1					
F6	0.70	0.65	0.69	0.70	0.69	1				
F7	0.52	0.57	0.51	0.58	0.42	0.66	1			
F8	0.63	0.50	0.73	0.79	0.70	0.75	0.49	1		
F9	0.71	0.59	0.65	0.74	0.59	0.80	0.73	0.67	1	
F10	0.83	0.46	0.64	0.79	0.60	0.71	0.54	0.71	0.68	1

All correlations are significant on the level $p < 0.01$.

7 Synthese der Ergebnisse zu den Forschungsschwerpunkten 1 und 2

Ein Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung von Messinstrumenten, um herauszufinden, inwiefern sich (angehende) Lehrkräfte vorbereitet fühlen, fächerbergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten, ohne alle Bestandteile dieses Faches studiert zu haben. Ziel war es nicht, die Wirksamkeit oder Sinnhaftigkeit fächerübergreifenden Unterrichts in den Naturwissenschaften zu widerlegen oder zu belegen.

Die Frage nach den Auswirkungen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts sollte sich eigentlich besonders vor der Einführung eines solchen Fächerverbundes stellen. In Kapitel 1 und 2.3 wurde allerdings dargestellt, dass fächerübergreifender Unterricht in den Naturwissenschaften in Deutschland bereits Teil der Schullandschaft geworden ist (z. B. Graube et al., 2013, S. 177; Niedersächsisches Kultusministerium, 2020). Die Frage nach den Auswirkungen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts ist in der Forschung aber weiterhin ein Desiderat, zu dem weitere Erkenntnisse benötigt werden (Czerniak & Johnson, 2014, S. 406; Labudde, 2014, S. 16, 19; Rehm & Stäudel, 2017, S. 10–11).

Von mindestens genauso großer Bedeutung ist aber die Frage, inwiefern (angehende) Lehrkräfte wegen der disziplin-spezifischen Ausbildung in Deutschland (Neumann et al., 2017, S. 38) dieser Anforderung gerecht werden können, ohne alle Fächer dieses Fächerverbundes studiert zu haben. Beide Fragestellungen sollten in der Forschung von Bedeutung sein, um einerseits evidenzbasierte Argumente für oder gegen diesen Fächerverbund zu generieren und um sich andererseits nicht in theoretischen Debatten zu verlieren, die bereits von der bildungspolitischen Realität überholt worden sind. Diese Arbeit versucht einen Beitrag zu leisten, um die Berufsrealität von (angehenden) Lehrkräften zu beleuchten, die mit diesem Fächerverbund konfrontiert sind. Denn dieser Herausforderung des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts stehen sie möglicherweise aktuell oder in Zukunft gegenüber – ob sie alle drei naturwissenschaftlichen Fächer studiert haben oder nicht und ob es eine wirksame Unterrichtsform ist oder nicht.

7.1 Das SElf-ST Instrument

Das erste Ziel, das verfolgt wurde, ist:

> **Ziel 1: Die Entwicklung eines reliablen, theorie-, literaturbasierten und (curricular) validen Messinstruments für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe.**

Zunächst soll auf die Objektivität und Reliabilität eingegangen werden, da die Objektivität eine Voraussetzung für Reliabilität ist und Reliabilität eine wichtige Voraussetzung für Validität darstellt (Schermelleh-Engel & Werner, 2012, S. 120). Hinsichtlich der Objektivität ist vor allem die *Durchführungsobjektivität* im vorliegenden Kontext zu beachten. Die Auswertung des Tests benötigte durch das geschlossene Antwortformat mit Likert-Skalen und konkret benannten Antwortkategorien keine Interpretation der Antworten. Somit war die Auswertung des Tests unabhängig von der auswertenden Person. Um Durchführungsobjektivität (d.h., die Unabhängigkeit der Testergebnisse von der Person, die den Test durchführt; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 9) herzustellen, wurde darauf geachtet, dass die Instruktion der Testpersonen inhaltlich standardisiert ist. Fragen der Testpersonen wurden nur hinsichtlich des Teils der personenbezogenen Angaben beantwortet. Neben den Befragungen, die selbst durchgeführt wurden, wurden Fragebögen zur Durchführung postalisch an andere Dozierende versendet. Bei Befragungen, die von anderen Dozierenden durchgeführt wurden, wurden die Instruktion und häufig gestellte Fragen mit Antworten als Text zur Verfügung gestellt, um die Objektivität zu gewährleisten.

Darauf folgend wurde als Maß der *Reliabilität* (d.h., wie zuverlässig misst der Test und wie hoch ist der Messfehler; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 11) die interne Konsistenz der Subskalen (Faktoren) mit Hilfe von Cronbachs Alpha untersucht (Schermelleh-Engel & Werner, 2012, S. 130). Dabei führen mehr Items tendenziell zu einem höheren Wert für Cronbachs Alpha (Schermelleh-Engel & Werner, 2012, S. 133–134). Sowohl in der Pilotierung als auch in der Hauptstudie zeigten sich, obwohl kein Faktor mehr als 5 Items beinhaltete, für alle Faktoren mindestens Werte von 0,7 für Cronbachs Alpha (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 10, 2019b, S. 30, 2020a, S. 1438; Handtke et al., submitted). Dies spricht für eine zufriedenstellende Reliabilität der einzelnen Subskalen (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 11).

Aufbauend auf den Erkenntnissen zur Objektivität und Reliabilität sollen zunächst zwei Validitätsarten in den Blick genommen werden, die in den Publikationen nicht explizit in den Vor-

dergrund gerückt werden: die Augenscheinvalidität und die Inhaltsvalidität. Die *Augenscheinvalidität* beschreibt, inwiefern Laien ein Messinstrument, das sie vorgelegt bekommen, für valide halten (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 15). Im Rahmen einer Prä-Pilotierung wurden zehn Studierenden beide Fragebögen (Selbstwirksamkeitserwartungen und selbstberichtetes Fachwissen) vorgelegt mit der Bitte um mögliche Verbesserungen und weitere Anmerkungen zum Fragebogen (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8). Die Studierenden der Prä-Pilotierung waren dabei größtenteils weiblich, im Master of Education und studierten vor allem Biologie (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8). Lediglich ein Item der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften musste in der Folge angepasst werden (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8). Da es keine Anmerkungen gab, die den Messanspruch beider Tests infrage stellten, kann davon ausgegangen werden, dass für beide Messinstrumente Augenscheinvalidität gegeben ist. Von größerer Bedeutung als die Augenscheinvalidität sind allerdings die in Kapitel 4 bereits genannten Validitätsarten. Als Übersicht über die verschiedenen Validitätstypen und als Übersicht, in welchen Publikationen diese untersucht wurden, dient Abbildung 3.

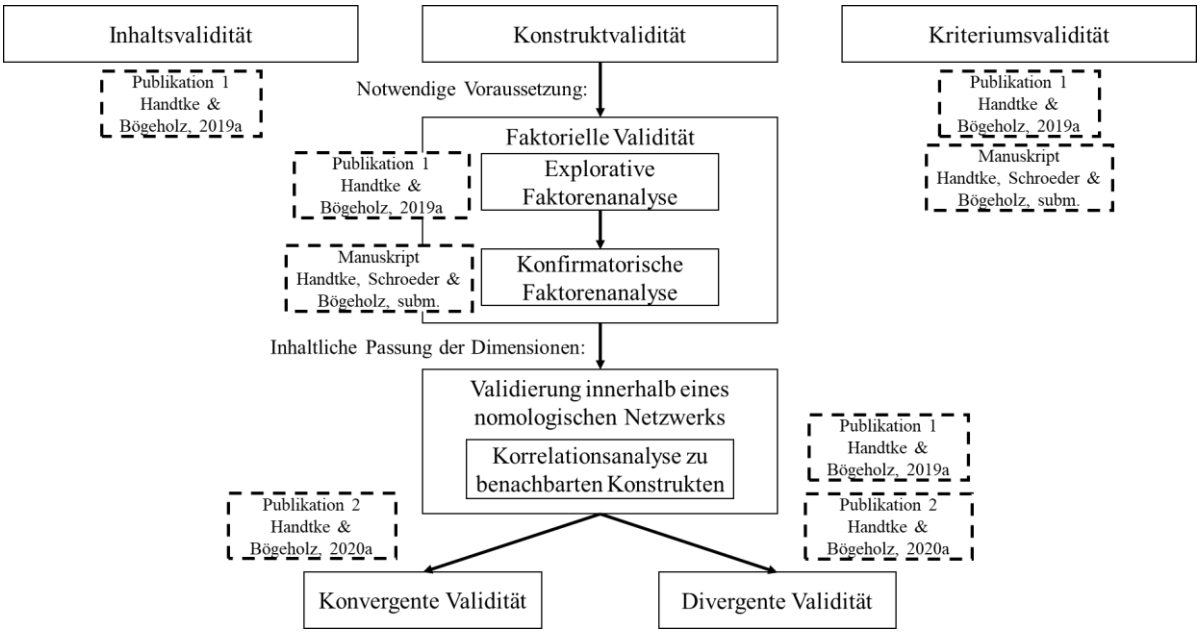

Abbildung 3: Übersicht über die drei Hauptbereiche von Validität (eigene Darstellung auf inhaltlicher Grundlage von Hartig et al., 2012) **mit der Verortung empirischer Untersuchungen in den Publikationen und dem Manuskript zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften.**

Ausgehend von den Inhalten von Handtke und Bögeholz (2019a) sollen zunächst Argumente für die *Inhaltsvalidität* des SElf-ST Instruments hergeleitet werden. Im Falle des SElf-ST Instruments wird die Inhaltsvalidität über theoretische Argumente skizziert – mit einem Fokus

darauf, wie die Inhalte der Items systematisch aus dem intendierten Konstrukt (PCK-Modell; Park & Chen, 2012, S. 925) abgeleitet wurden (Hartig et al., 2012, S. 149)

Die Items des Messinstruments für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften wurden in einem zweischrittigen Verfahren entwickelt (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 7). Zunächst wurden die Anforderungen des fächerübergreifenden Unterrichts identifiziert und in einem zweiten Schritt wurden diese in Aussagen zu Selbstwirksamkeitserwartung zum Unterrichten von Naturwissenschaften umgewandelt (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 7).

Fachdidaktisches Wissen ist eine wichtige Anforderung an (angehende) Lehrkräfte, die fächerübergreifend Naturwissenschaften unterrichten sollen, weil es ein entscheidender Faktor für guten Unterricht ist (z. B. Baumert et al., 2010, S.°162–164; Sadler et al., 2013, S.°1038, 1043). Zudem ist fachdidaktisches Wissen ein Teil des *Professionswissens* von professioneller Kompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2011, S. 32). Wie von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 7) dargelegt wurde, wurde daher in einem ersten Schritt das PCK-Modell von Park und Chen (2012, S. 925) mit vier seiner fünf Kategorien als inhaltliche Grundlage der Operationalisierung verwendet. Die vier Kategorien beinhalten fachdidaktisches Wissen, das relevant und notwendig ist, um fächerübergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten. Das PCK-Modell (Park & Chen, 2012, S. 925) stellte somit einen sinnvollen Ausgangspunkt für die Entwicklung des Messinstruments zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften dar.

Genauer wurden die Subkategorien der vier Kategorien des fachdidaktischen Wissens zum Unterrichten von Naturwissenschaften betrachtet, wobei Fehlvorstellungen, Motivation, Interesse und Voraussetzungen wie von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 7) beschrieben als Voraussetzungen zusammengefasst wurden. Somit bildeten zu Beginn zehn Subkategorien theoriebasiert die fachdidaktischen Anforderungen an fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften ab (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8). Die Nutzung des Modells zum fachdidaktischen Wissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Park & Chen, 2012, S. 925) sollte die von Bandura (1997, S. 42) geforderte Multidimensionalität des entwickelten Selbstwirksamkeits-Instruments sicherstellen.

Da mit dem Messinstrument allerdings kein (fachdidaktisches) Wissen, sondern Selbstwirksamkeitserwartungen erhoben werden sollten, musste in einem zweiten Schritt das Wissen für die Items in auszuführende Handlungen umformuliert werden (Handtke & Bögeholz, 2019a,

S. 7). Dabei wurden einerseits die unter Kapitel 3.1 und von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 7) beschriebenen Regeln von Bandura (1997, S. 43–44, 2006, S. 311) befolgt:

a) dass „Ich kann…“ als Einleitung verwendet wird,

b) dass die Items im Präsens formuliert sind und

c) dass ausreichende Hürden eingebaut werden.

Andererseits wurden ausgehend von den Subkategorien des Modells von Park und Chen (2012, S. 925) aktuelle Forschungsbefunde sowie Curricula und normative Vorgaben einbezogen, um die Items hinsichtlich Selbstwirksamkeitserwartungen aufzubereiten (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 7). Damit sollte die Anbindung des Messinstruments an aktuelle Forschung und an die aktuellen Anforderungen an der Schule sichergestellt werden (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 3).

Insgesamt wurden auf diese Art und Weise 63 Items entwickelt, wobei jede der zehn Subkategorien mindestens durch fünf Items abgebildet wurde (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8), um die Struktur des fachdidaktischen Wissens nach Park und Chen (2012, S. 925) abzubilden. Dies sollte zudem eine repräsentative und inhaltlich umfassende Abbildung jeder Subkategorie des fachdidaktischen Wissens sicherstellen. Durch das strikte Befolgen der Operationalisierungsvorschriften für Selbstwirksamkeitserwartungen (Bandura, 1997, S. 43–44, 2006, S. 311) und durch die starke Orientierung an den Subkategorien des Modells zum fachdidaktischen Wissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Park & Chen, 2012, S. 925) kann somit für die Inhaltsvalidität des SElf-ST Instruments argumentiert werden. Denn der Messanspruch des SElf-ST Instruments ist die Messung von Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ausgehend von den Anforderungen des fachdidaktischen Wissens.

Am ausführlichsten wurde im Rahmen dieser Arbeit die *Konstruktvalidität* betrachtet. Zunächst wurde als erster Schritt zur Ermittlung *faktorieller Validität* an einer Stichprobe eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, um Hypothesen über die faktorielle Struktur zu erlangen (Conway & Huffcutt, 2003, S. 149; Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 9). Das SElf-ST Instrument basiert zwar auf den Subkategorien von Park und Chen (2012, S. 925), aber es kann nicht sicher davon ausgegangen werden, dass diese Struktur auch für Selbstwirksamkeitserwartungen gilt (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 9). Da es sich insgesamt um ein neues Messinstrument handelte, für das es noch keine vorherigen Untersuchungen der Faktorstruktur gab, war der Bezug des Selbstwirksamkeitserwartungs-Instruments zu den Subkategorien des fachdidaktischen Wissens nicht unmittelbar (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 9; Henson & Roberts, 2006,

S. 409). Daher wurde trotz bestehender Theorie die explorative Faktorenanalyse zur Hypothesengenerierung genutzt (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 9; Henson & Roberts, 2006, S. 407, 409). Ausgehend von den zehn theoretischen Subkategorien ergaben sich zehn Faktoren, wobei neun der Theorie entsprachen und ein zusätzlicher Faktor ermittelt wurde: das *Unterrichten ethisch relevanter Aspekte angewandter Naturwissenschaften* (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8, 10). Zudem teilten sich die Items zum horizontalen und vertikalen Curriculum nicht den Erwartungen entsprechend auf, sondern luden auf mehreren inhaltlichen Faktoren (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 10–11). Diese faktorielle Struktur konnte von Handtke et al. (submitted) mit Hilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigt werden, was für faktorielle Validität des SElf-ST Instruments spricht und die Basis war für die inhaltliche Untersuchung der Faktoren.

Die inhaltliche Untersuchung der Faktoren wurde anfänglich bereits von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 6) vorgenommen, indem die Korrelationen von Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften mit dem *selbstberichteten Fachwissen in den Naturwissenschaften* als Indikator für divergente Validität untersucht wurden. Die unterschiedlichen Zusammenhänge deuteten für unterschiedliche Faktoren der Selbstwirksamkeitserwartungen verschiedene Abstufungen divergenter Validität an (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12, 15–16). Dabei weisen generische Faktoren keine signifikanten Korrelationen auf, während naturwissenschaftsspezifische Faktoren mindestens eine signifikante Korrelation aufweisen (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12, 15–16). Somit konnte von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 15–16) von einem ersten Hinweis auf divergente Validität gesprochen werden.

Darauf aufbauend konnten im Rahmen der Hauptstudie (n = 590) umfangreiche Hinweise auf Konstruktvalidität mit Hilfe eines *nomologischen Netzes* gewonnen werden (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1440, 1445). Wir untersuchten die Zusammenhänge der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe mit dem selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik, den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten allgemein, mit den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule und dem wahrgenommenen Stress (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1440). Wie bei Handtke und Bögeholz (2019a, S. 12, 15–16) zeigten sich für das *selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik* Abstufungen divergenter Validität und dabei eher niedrigere Werte für die generischen Faktoren (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1445–1446). Trotz unterschiedlicher Stichproben liegen die signifikanten Korrelationen mit dem selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik in der Hauptstudie

in einem ähnlichen Bereich (r = 0,13–0,40, p < 0,01; Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1443) wie in der Pilotierung (r = 0,19–0,49, p < 0,05; Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 11). Unterschiede könnten dabei auf die unterschiedlich großen Stichproben zurückzuführen sein (n =114 zu n = 590), da auch niedrigere Korrelationen bei der größeren Stichprobe eher als signifikant ausgewiesen werden (Field, 2013, S. 72–74; Leonhart, 2013, S. 275). Das spricht für eine Konsistenz der Korrelationen mit dem selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik über die Pilotierung und die Hauptstudie hinweg. Auch hinsichtlich der Korrelationen mit den *Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten allgemein* konnten auf Grundlage größtenteils erwartungskonformer Ergebnisse Argumente für verschiedene Abstufungen divergenter Validität gewonnen werden (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1447).

Zusätzlich zum selbstberichteten Fachwissen und den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten allgemein dienten die *Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule* zur Untersuchung konvergenter Validität und der *wahrgenommene Stress* zur Untersuchung divergenter Validität (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1440). Für beide Konstrukte zeigten sich insgesamt erwartungskonforme Ergebnisse, die weitere Hinweise auf die divergente und konvergente Validität des Instruments lieferten (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1448). Auch bei den Korrelationen der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe mit denen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule wiesen die generischen Faktoren der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe relativ die niedrigsten Werte auf (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1445, 1448). Insgesamt konnte die Untersuchung des theoriegeleiteten nomologischen Netzes von Handtke und Bögeholz (2020a, S. 1440, 1443, 1448) zahlreiche und tiefergehende Argumente liefern, warum die Testwerte des SElf-ST Instruments als Indikator für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe interpretiert werden dürfen.

Zusätzlich wurden Beziehungen zu verschiedenen praktisch relevanten externen Kriterien in den Blick genommen (*Kriteriumsvalidität*; Hartig et al., 2012, S. 164; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 18). Dabei wurden die Unterrichtserfahrung (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 5–6; Handtke et al., submitted), die Anzahl studierter naturwissenschaftlicher Fächer (Handtke et al., submitted) und die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Handtke et al., submitted) auf Grundlage theoretischer Überlegungen als externe Kriterien in die Untersuchung einbezogen. Forschung im Kontext der Grundschule zeigte, dass alle im Zusammenhang mit den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften stehen oder

Einflussfaktoren auf diese sein sollten (siehe Kapitel 3.1.4). Neben der inhaltlichen Frage, ob die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften von diesen Variablen im Kontext der Sekundarstufe ähnlich beeinflusst werden, konnten die Ergebnisse zusätzlich aufgrund der theoretischen Grundlage als Hinweise für Konstruktvalidität interpretiert werden (Hartig et al., 2012, S. 164). Die *Unterrichtserfahrung* in naturwissenschaftlichen Fächern erwies sich in der Pilotierung als mit den Selbstwirksamkeitserwartungen zusammenhängend (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 11–12). In der Hauptstudie zeigte sich die Unterrichtserfahrung indirekt über den Ausbildungsstand als Einflussfaktor (Handtke et al., submitted). In beiden Studien ist der Einfluss der Unterrichtserfahrung auf die generischen Faktoren *Medien anwenden* und *Methoden der Evaluation nutzen* eher gering oder nicht signifikant (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12; Handtke et al., submitted).

Dass es überhaupt Effekte gibt, kann zum einen damit erklärt werden, dass auch naturwissenschaftlicher Unterricht über generische Aspekte verfügt. Daher beinhalten auch Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht Erfahrungen zu dessen generischen Aspekten. Zum anderen kann bei der Messung über den Ausbildungsstand der positive Einfluss eines zweiten nicht-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches auf die generischen Faktoren nicht ausgeschlossen werden. Daher sind unter anderem auch Zusammenhänge trotz unterschiedlicher Kontexte vorhanden. Tendenziell zeigen sich aber konsistent über beide Studien eher schwächere Zusammenhänge und Effekte für die generischen Faktoren hinsichtlich der Unterrichtserfahrung (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12; Handtke et al., submitted).

Der Einfluss der *Anzahl studierter naturwissenschaftlicher Fächer* auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften zeigte sich zudem nur für alle naturwissenschaftsspezifischen Faktoren, da die generischen Faktoren im Vergleich zu anderen Fächern nicht speziell von mehr naturwissenschaftlichen Fächern profitieren (Handtke et al., submitted). Die *Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften* hatte einen Effekt auf alle Faktoren der Selbstwirksamkeitserwartungen, wobei die beiden generischen Faktoren wiederholt am geringsten beeinflusst wurden (Handtke et al., submitted). Dies kann damit erklärt werden, dass die generischen Bestandteile auch zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zu der entsprechenden Bereitschaft dazu gehören; naturwissenschaftsspezifische Faktoren sollten aber besonders von der Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften profitieren (Handtke et al., submitted).

Zum einen liefern diese erwartungskonformen Ergebnisse hinsichtlich der Beziehungen zu verschiedenen externen Kriterien (Unterrichtserfahrung, Anzahl Fächer, Bereitschaft) Argumente

für die Kriterumsvalidität (Hartig et al., 2012, S. 164). Durch die Ableitung dieser Beziehungen aus theoretischen Überlegungen liefern die Eregbnisse zusätzlich auch weitere Argumente für die *Konstruktvalidität* (Hartig et al., 2012, S. 164).

Zum anderen zeigen sich über die Studien hinweg konsistente Ergebnisse bezüglich der generischen Faktoren der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe sowohl bei den Einflussfaktoren (Unterrichtserfahrung, studierte Fächer, Bereitschaft) als auch bei Korrelationen mit naturwissenschaftsspezifischen Konstrukten (Unterrichtserfahrung, selbstberichtetes Fachwissen, Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule). Sowohl in der Pilotierung (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 11–12) als auch in der Hauptstudie (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1444–1445; Handtke et al., submitted) waren die genannten Zusammenhänge und Einflüsse in Bezug auf die beiden generischen Faktoren *Medien anwenden* und *Methoden der Evaluation nutzen* vom Wert her relativ die niedrigsten oder gehörten mit zu den niedrigsten Werten. Dieses Schema taucht somit konsistent in verschiedenen Arten der Untersuchung auf und ist sowohl ein Hinweis auf als auch zugleich ein Beleg für die *Kontextspezifität* der Selbstwirksamkeitserwartungen (Park & Oliver, 2008b, S. 271; Tschannen-Moran et al., 1998, S. 227). Über die Pilotierung und Hauptstudie hinweg könnten diese Unterschiede (generisch vs. naturwissenschaftsspezifisch) als zusätzlicher Hinweis auf divergente Validität verstanden werden, da für generische Faktoren teilweise Zusammenhänge vorliegen, aber auf niedrigerem Level als für die naturwissenschaftsspezifischeren Faktoren.

Im Laufe der Messinstrumententwicklung konnten folglich insgesamt in der Pilotierung und Hauptstudie zahlreiche Hinweise auf die unterschiedlichen Validitäten und die Reliabilität des Instruments gewonnen werden. Abbildung 4 zeigt die Hinweise auf die verschiedenen Typen von Validität im Überblick und zeigt dabei auf, welche Konstrukte und Variablen mit welcher Analyse zu welchem Zweck genutzt wurden. Dazu zählt auch die Beziehung zwischen den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und dem selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik. Im folgenden Kapitel wird an Abbildung 4 anknüpfend die genauere Betrachtung des selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik im Fokus stehen.

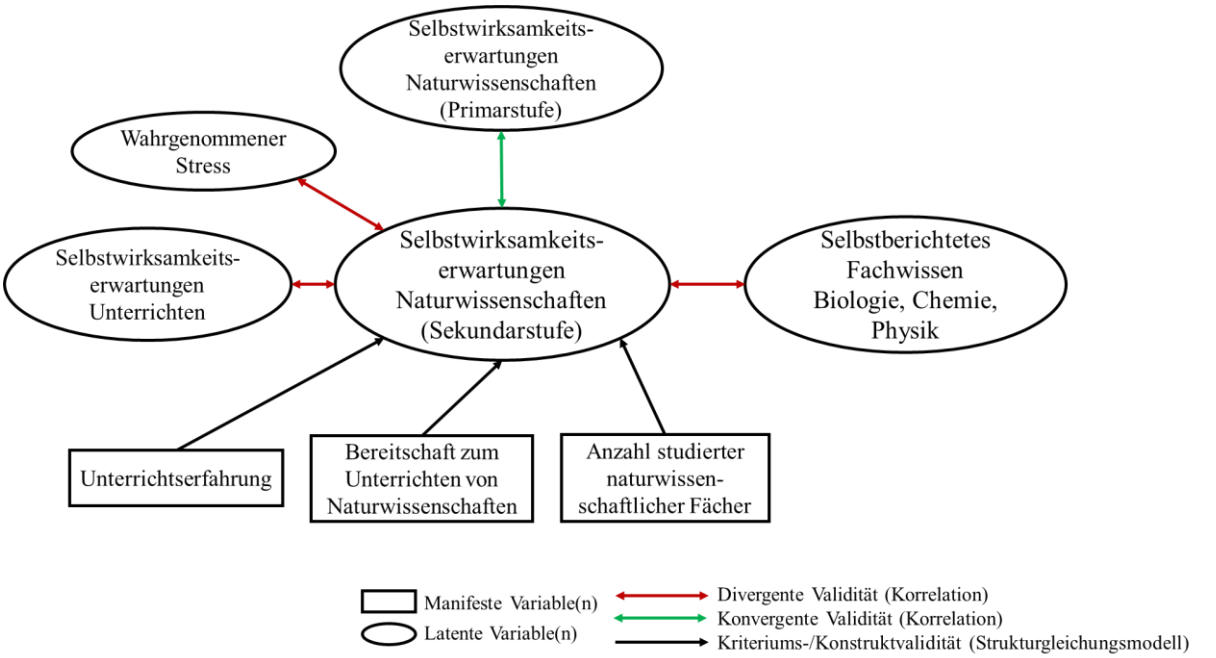

Abbildung 4: Überblick über die Funktion der eingesetzten Konstrukte und Variablen zur Validierung des Messinstruments zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften.

7.2 Das Instrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Das zweite Ziel dieser Arbeit ist:

> **Ziel 2: Die Entwicklung eines reliablen und validen Messinstruments für selbstberichtetes Fachwissen in Bezug auf Basiskonzepte der Biologie, Chemie und Physik der Sekundarstufe I.**

Ausgehend von den Nationalen Bildungsstandards für die Sekundarstufe I (z. B. für Biologie: KMK, 2005a) als Anforderung an das Unterrichten von Naturwissenschaften wurde das Messinstrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik über die fachspezifischen Curricula Niedersachsens (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015) operationalisiert (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). Die Curricula wurden verwendet, da sie die Inhalte der Nationalen Bildungsstandards mittels fachspezifischer Kompetenzen konkretisieren und somit noch differenzierter sind (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S. 7). Durch die Berücksichtigung der Nationalen Bildungsstandards in den bundeslandspezifischen Curricula (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S. 7) sollte das Messinstrument trotzdem in ganz Deutschland verwendbar sein (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). Mit (selbstberichtetem) Fachwissen wird zudem – nach dem fachdidaktischen Wissen im Instrument der Selbstwirksamkeitserwartungen – eine weitere Anforderung an fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften und an das Professionswissens von (angehenden) Lehrkräften in den Blick genommen (Baumert & Kunter, 2011, S. 32) – wenn auch auf subjektiver Ebene.

Auch für das Instrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik werden die Objektivität, Reliabilität und Validität betrachtet. Hinsichtlich der *Objektivität* kann vergleichbar zum SElf-ST Instrument zuvor argumentiert werden. Über die Pilotierung und Hauptstudie hinweg erwies sich das Messinstrument zum selbstberichteten Fachwissen als von sehr guter interner Konsistenz (als Maß für die *Reliabilität*; Schermelleh-Engel & Werner, 2012, S. 130). Die Werte für Cronbachs Alpha lagen in der Pilotierung und der Hauptstudie insgesamt zwischen 0,92 und 0,95 (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 50, 56).

Weiterhin wurde auch das Instrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik hinsichtlich verschiedener Validitätsarten untersucht (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 51–52). Die *Augenscheinvalidität* wurde zusammen mit dem SElf-ST Instrument untersucht und schien gegeben (siehe Kapitel 7.1). Die *Inhaltsvalidität* ergibt sich aus zwei Komponenten: Einerseits wird argumentiert, warum der Test das gewünschte Konstrukt misst, und andererseits

wurden nach Hartig et al. (2012, S. 149) Expert*innen zu Rate gezogen. Es lässt sich argumentieren, dass die ausgewählten Basiskonzepte (bzw. Themenbereiche in der Physik)[32] wortwörtlich aus den Curricula entnommen wurden, wenn auch auf ein Basiskonzept der Biologie (Struktur und Funktion) verzichtet wurde (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54–55). Dadurch bildete das Messinstrument die Basiskonzepte unmittelbar ab.

Des Weiteren wurden, um allen Testpersonen die Begrifflichkeiten der Basiskonzepte verständlich zu machen, Beispiele für die Basiskonzepte aus den Curricula ausgewählt (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). An dieser Stelle wurde eine Expert*innenbefragung hinsichtlich der Wichtigkeit der Beispiele durchgeführt, wobei weitere Beispiele ergänzt werden konnten (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). Der Messung des selbstberichteten Fachwissens liegt dabei die Definition von Oberle (2012, S. 50; „die Einschätzung von Umfang bzw. Art des Wissens einer Person durch sie selbst“) zugrunde. Somit können die unmittelbare Abbildung der Basiskonzepte durch die Items, die Verwendung von Beispielen aus den Curricula sowie die qualitative Expert*innenbefragung (inklusive weiterer möglicher Beispiele) als Hinweise auf Inhaltsvalidität interpretiert werden.

Die *faktorielle Validität* wurde auch bei diesem Instrument über eine explorative Faktorenanalyse mit einer darauf folgenden konfirmatorischen Faktorenanalyse (an einer unabhängigen Stichprobe) überprüft und festgestellt (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 50, 56–57, 59). Auch für das selbstberichtete Fachwissen erfolgte zunächst eine explorative Faktorenanalyse zur Hypothesengenerierung, weil es sich um ein neu entwickeltes Instrument handelte (Henson & Roberts, 2006, S. 407, 409). Damit lag noch keine vorherige Untersuchung der Faktorenstruktur vor (Henson & Roberts, 2006, S. 409). Es kristallisierte sich den operationalisierten Curricula für Biologie, Chemie und Physik entsprechend eine drei-faktorielle Struktur für das selbstberichtete Fachwissen heraus (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 50). Diese wurde im Zuge einer konfirmatorischen Faktorenanalyse an einer unabhängigen Stichprobe bestätigt (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 56–57, 59).

Darauf aufbauend erfolgte die inhaltliche Untersuchung der Konstruktvalidität hinsichtlich konvergenter und divergenter Validität. Im *nomologischen Netz* konnte jeweils eine starke Beziehung des selbstberichteten Fachwissens zum korrespondierenden *akademischen Selbstkonzept in Biologie, Chemie und Physik* ermittelt werden, was die konvergente Validität unseres

[32] Zur sprachlichen Vereinfachung wird in dieser Arbeit öfters auch zusammenfassend von Basiskonzepten gesprochen.

Instruments stützt (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 59). Die eher niedrigere positive Korrelation zwischen dem selbstberichteten Fachwissen in Chemie und Physik, die negative Korrelation zwischen dem selbstberichteten Fachwissen in Biologie und Physik und die nicht signifikante Korrelation zwischen den Faktoren Biologie und Chemie in der Hauptstudie (n = 552) belegen zusätzlich die Unterschiedlichkeit der drei Faktoren (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 60). Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Basiskonzepte der drei Fächer sind diese geringen bzw. nicht vorhandenen Zusammenhänge zwischen den Faktoren erwartungskonform und sprechen für divergente Validität (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 60).

Betrachtet man zusätzlich zu den *Interkorrelationen der Faktoren* in der Hauptstudie die Ergebnisse der Pilotierung (n = 114), fällt zunächst auf, dass das selbstberichtete Fachwissen in Chemie und Physik positiv, in Biologie und Physik negativ und in Biologie und Chemie positiv miteinander korreliert (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12). Der auffälligste Unterschied zwischen Pilotierung und Hauptstudie ist die Korrelation des selbstberichteten Fachwissens in Biologie und Chemie. Einen Vergleich der Korrelationen aus beiden Studien zeigt Tabelle 3. Dabei ist zu bedenken, dass die Pilotierung 30 Personen (von n = 114) beinhaltete, die nur Erdkunde studierten ohne ein weiteres der drei Fächer Biologie, Chemie oder Physik (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 6). In der Hauptstudie wurden keine Testpersonen integriert, die nur Erdkunde studierten (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 53). Entfernt man deshalb diese 30 Personen aus der Stichprobe der Pilotierung und berechnet erneut wie in der Pilotierung die Spearman-Korrelationen[33] zwischen den drei Faktoren, ergeben sich die Werte in Tabelle 3.

Tabelle 3: Übersicht über die Korrelationen zwischen den Faktoren des selbstberichteten Fachwissens in Pilotierung und Hauptstudie und in der Pilotierung ohne die Testpersonen, die nur Erdkunde studierten. In der Pilotierung wurden mit Hilfe der Faktorladungen gewichtete Faktormittelwerte (Bortz & Döring, 2015, S. 145, 147–148) korreliert und in der Hauptstudie wurden die latenten Faktoren des Strukturgleichungsmodells korreliert (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 9, 12, 2020b, S. 55).

Korrelation	**Pilotierung** (n = 114) (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12)	**Pilotierung ohne reine Erdkunde-Testpersonen** (n = 84)	**Hauptstudie** (n = 552) (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 57)
Chemie – Physik	0,44**	0,38**	0,34**
Biologie – Physik	-0,18*	-0,36**	-0,35**
Biologie – Chemie	0,36**	0,18	0,00

* $p < 0{,}05$, ** $p < 0{,}01$

[33] Die statistischen Kennzahlen und Analysen, die über die Publikationen und das Manuskript hinausgehen, wurden mit SPSS (Version 26) oder RStudio ermittelt bzw. durchgeführt.

Die Korrelationen in der Pilotierung ohne die Erdkunde-Testpersonen und in der Hauptstudie zeigen eine Konsistenz der Beziehungen der Faktoren untereinander über beide Studien hinweg. Diese konsistenten Korrelationen untermauern die erwarteten Unterschiede der Faktoren, was zusätzlich die divergente Validität unseres Instruments andeutet (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 60).

Neben diesen Untersuchungen zur konvergenten (akademisches Selbstkonzept) und divergenten Validität (Interkorrelationen) wurden noch Beziehungen zu externen Kriterien überprüft. Diese können aufgrund ihrer Ableitung aus theoretischen Überlegungen einerseits Belege für die *Kriteriumsvalidität* und andererseits auch Belege für die Konstruktvalidität des Instruments liefern (Hartig et al., 2012, S. 164). Die positiven Effekte (1) des *Studierens des entsprechenden naturwissenschaftlichen Faches*, (2) des *Studierens mehrerer naturwissenschaftlicher Fächer* und (3) der *letzten erhaltenen Schulnote* auf das entsprechende selbstberichtete Fachwissen waren somit Hinweise auf die Kriteriums- und Konstruktvalidität (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 59–60).

Insgesamt kann somit festgehalten werden, dass im Rahmen der Pilotierung und der Hauptstudie zahlreiche Hinweise auf die Validität und Reliabilität unseres Instruments ermittelt werden konnten. Das Messinstrument scheint somit der Konzeption entsprechend das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik in der Sekundarstufe I zu erfassen. Abbildung 5 zeigt dazu alle mit externen Konstrukten oder Kriterien untersuchten Beziehungen zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik zum Zwecke der Validierung sowie die zugehörigen Analysen. In Grau zeigt Abbildung 5 als Hintergrundinformation die Bestandteile, die für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften untersucht wurden (siehe Abbildung 4).

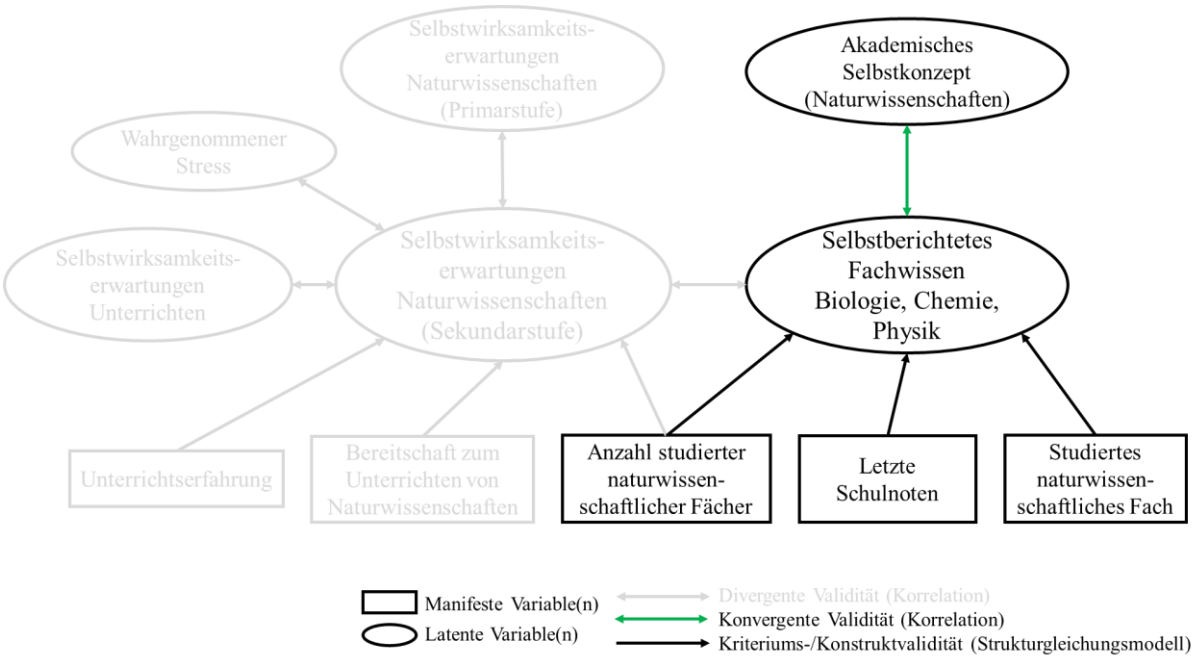

Abbildung 5: Überblick über die Funktion der eingesetzten Konstrukte und Variablen für die Validierung des Messinstruments zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik. In Grau sind zusätzlich die in Kapitel 7.1 untersuchten Variablen, Konstrukte und Beziehungen zu sehen, die in Abbildung 4 zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften dargestellt wurden.

7.3 Einflussfaktoren auf Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und auf selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Der zweite Forschungsschwerpunkt verfolgt folgende zwei Zielstellungen:

> **Ziel 3: Die Identifikation von Einflussfaktoren für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe.**
>
> **Ziel 4: Die Identifikation von Einflussfaktoren für selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik für die Sekundarstufe I.**

Tabelle 4 zeigt dazu die in den Publikationen/dem Manuskript identifizierten Einflussfaktoren.

Tabelle 4: Übersicht über Einflussfaktoren in Pilotierung und Hauptstudie mit der jeweiligen Quellenangabe.

Einflussfaktor	**Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften**	**Selbstberichtetes Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik**
Anzahl der studierten naturwissenschaftlichen Fächer	Effekt auf alle acht naturwissenschaftsspezifischen Faktoren, **β = 0,10 – 0,20, p < 0,05** (Handtke et al., submitted)	Effekt auf Faktoren Biologie und Chemie, **β = 0,24 und 0,32, p < 0,01** (Physik mit zweiter Naturwissenschaft kleine Stichprobe) (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58, 60)
Art des studierten naturwissenschaftlichen Faches, d.h. Biologie, Chemie, Physik	Differenziertes Muster, **β = 0,13 – 0,22, p < 0,05**; Chemie mit Effekt auf sieben der acht naturwissenschaftsspezifischen Faktoren (Handtke et al., submitted)	Effekt auf jeweils korrespondierende Faktoren, **β = 0,59 – 0,71**, **p < 0,01**; kein oder negativer Effekt auf jeweils andere Faktoren, **β = -0,22 – -0,10, p < 0,05** (Ausnahme: positiver Einfluss Chemiestudium auf Faktor Physik, **β = 0,16, p < 0,01)** (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58)
Unterrichtserfahrung gemessen über - Anzahl der Unterrichtsstunden	Korrelation unterrichteter Schulstunden mit neun Faktoren, **r = 0,20 – 0,37, p < 0,05** (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12)	(nicht untersucht)
- Ausbildungsstand (Studierende vs. Lehrkräfte)	Effekt von Ausbildungsstand für neun Faktoren, **β = 0,10 – 0,24, p < 0,05** (Handtke et al., submitted)	
Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften	Effekt der Bereitschaft auf alle zehn Faktoren, **β = 0,10 – 0,37, p < 0,05** (Handtke et al., submitted)	(nicht untersucht)
Letzte Schulnote in Biologie, Chemie und Physik	(nicht untersucht)	Effekte der früheren Schulnoten auf korrespondierende Faktoren, **β = 0,31 – 0,50, p < 0,01** (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58)

Tabelle 4 zeigt identifizierte Einflussfaktoren für die Sekundarstufe bzw. Sekundarstufe I für beide selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen. Insgesamt stellen die Art und Anzahl der studierten (naturwissenschaftlichen) Fächer bedeutsame Einflussfaktoren auf beide selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen von (angehenden) Lehrkräften dar (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58; Handtke et al., submitted). Zudem konnten die Unterrichtserfahrung und die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 12; Handtke et al., submitted) und die letzten Schulnoten in naturwissenschaftlichen Fächern für das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58) als Einflussfaktoren identifiziert werden.

Die Einflussfaktoren der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften decken sich teilweise mit vorab in empirischen Studien für die Primarstufe aufgedeckten wirkmächtigen Prädiktoren (z. B. Bursal, 2010, S. 660; Lumpe et al., 2012, S. 159, 161; Menon & Sadler, 2016, S. 661). Die Einflussfaktoren auf das selbstberichtete Fachwissen sind teilweise identisch mit Befunden unter anderem aus dem Kontext der Realschule (Bröll & Friedrich, 2012, S. 182–183). Teilweise handelt es sich für beide Konstrukte um neu identifizierte Einflussfaktoren wie beispielsweise den Einfluss der einzelnen Fächer auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Handtke et al., submitted). Die Ergebnisse ergänzen die Wissensbasis zu Einflussfaktoren für beide selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen für die Sekundarstufe bzw. Sekundarstufe I. Sie zeigen zudem für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften, dass sich die Annahme bestätigte, dass die Ergebnisse aus dem Primarbereich auf die Sekundarstufe übertragen werden können (Handtke et al., submitted).

8 Diskussion der Ergebnisse

Im Folgenden sollen die vorher präsentierten Ergebnisse diskutiert werden. Einerseits werden dabei die hohen Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften genauer betrachtet, um in den Blick zu nehmen, inwiefern sich die (angehenden) Lehrkräfte für das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften fähig fühlen. Dabei werden verschiedene Erklärungsmuster für die eher hohen Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften präsentiert. Unter anderem werden dort auch die Werte des selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik herangezogen und in Beziehung gesetzt zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften.

Andererseits wird in diesem Kapitel fokussiert, welche Stärken und Grenzen die vorliegende Forschung aufweist, inwiefern eine Repräsentativität der Stichprobe angenommen werden kann und inwiefern die internationale Anschlussfähigkeit der Messinstrumente und der Ergebnisse gegeben ist.

8.1 Hohe Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und die Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit war das wahrscheinliche Ausbildungsdefizit von (angehenden) Lehrkräften beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften (z. B. Bröll & Friedrich, 2012, S. 182, 185; Jürgensen & Schieber, 2001, S. 490), weil die Lehrer*innenbildung in den Naturwissenschaften in der Regel in Deutschland disziplinär organisiert ist (Neumann et al., 2017, S. 38). Es ergab sich folgende Frage:

Inwiefern glauben die betroffenen (angehenden) Lehrkräfte, dass sie diese für sie schwierige und neue Herausforderung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften meistern können?

Antworten darauf liefern unter anderem die absoluten Werte der (angehenden) Lehrkräfte hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften. Tabelle 5 zeigt die Mittelwerte (und deren Standardabweichungen) aller Selbstwirksamkeitserwartungs-Faktoren sowie über alle Faktoren hinweg aus der Pilotierung und der Hauptstudie.

Tabelle 5: Mittelwerte[34] der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften mit zugehörigen Standardabweichungen in Pilotierung und Hauptstudie auf Ebene der Faktoren und über alle zehn Faktoren hinweg im Vergleich. Die Antwortskala geht von 1: „Stimmt nicht" über 2: „Stimmt kaum" und 3: „Stimmt eher" bis zu 4: „Stimmt genau". Daher beträgt der theoretische Mittelwert 2,5. *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung.

Faktor	**Pilotierung (*n* = 114) (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 10)**		**Hauptstudie (*n* = 589) (Handtke et al., submitted)**	
	M	***SD***	***M***	***SD***
Dimensionen naturwissenschaftlicher Grundbildung erheben	3,00	0,62	3,04	0,63
Medien anwenden	3,42	0,59	3,33	0,57
Ethisch relevante Aspekte angewandter Naturwissenschaften unterrichten	2,97	0,67	2,93	0,59
Erkenntnisgewinnung und Kommunikation in den Naturwissenschaften differenziert fördern	2,88	0,51	2,85	0,53
Fachspezifische Materialien in den Naturwissenschaften nutzen	3,02	0,56	2,99	0,51
Naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden anwenden	3,16	0,59	3,19	0,54
Methoden der Evaluation nutzen	2,93	0,61	2,91	0,72
Lernschwierigkeiten und Voraussetzungen von Schüler*innen in den Naturwissenschaften berücksichtigen	3,24	0,50	3,15	0,46
Naturwissenschaftsspezifische und allgemeine Instruktionsstrategien einbeziehen	3,04	0,62	2,95	0,63
Naturwissenschaftliches Fachwissen erheben und fördern	3,00	0,65	2,98	0,61
Gesamtwert	3,07	0,42	3,03	0,43

Deutlich wird, dass alle Faktorenmittelwerte über dem theoretischen Mittelwert von 2,5 liegen und dass die Werte sich zwischen Pilotierung und Hauptstudie kaum unterscheiden. Damit kann davon gesprochen werden, dass die Selbstwirksamkeitserwartungen der (angehenden) Lehrkräfte zum Unterrichten von Naturwissenschaften eher positiv sind. Trotzdem gibt es Unterschiede zwischen den Faktoren. In der Spitze werden Mittelwerte von 3,42 auf Faktoren erreicht und der am niedrigsten eingeschätzte Faktor wies einen Mittelwert von 2,85 auf. Unterschiede zwischen den Faktoren sind damit gegeben – auch bei relativ hohen Selbstwirksamkeitserwartungs-Werten insgesamt. Von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 14) wurde gegen einen Deckeneffekt argumentiert, da z. B. nur bei sechs der 41 Items in der Pilotierung die höchste Antwortkategorie am häufigsten gewählt wurde.

[34] In den Publikationen werden die Daten zum Zwecke der konfirmatorischen Faktorenanalysen ordinal behandelt. Nach dieser Prüfung unter strengeren Bedingungen erscheint es erlaubt, die Mittelwerte der Faktoren zu bilden; vor allem vor dem Hintergrund der möglichen Intervallskalierung von Likert-Skalen (Field, 2013, S. 686). Daher werden in dieser Arbeit auch Mittelwerte betrachtet.

An dieser Stelle der Arbeit wird beleuchtet, worauf die insgesamt eher positiven Testwerte auch unter Einbezug der Werte zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik zurückzuführen sein könnten. Drei größere Erklärungsmuster zu den hohen Selbstwirksamkeitserwartungs-Werten könnten dabei im Fokus stehen, die auch zum Teil von Handtke und Bögeholz (2019a, S. 14) und Handtke et al. (submitted) angedeutet wurden und die im Folgenden vertieft ausgeführt werden sollen:

1) Methodisches Problem des Konstrukts Selbstwirksamkeitserwartungen
2) Fehleinschätzungen der Testpersonen hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften
3) Unterschiede zwischen den selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen zum fachdidaktischen Wissen und zum Fachwissen

8.1.1 Methodisches Problem des Konstrukts Selbstwirksamkeitserwartungen

Als Erstes soll ein Phänomen beleuchtet werden, das das Konstrukt Selbstwirksamkeitserwartungen an sich in den Blick nimmt. Handtke und Bögeholz (2019a, S. 14) konnten in kleinerem Umfang zeigen, dass auch in anderen Studien mit (angehenden) Lehrkräften Testwerte für Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten verschiedener Fachbereiche (z. B. Physik und Naturwissenschaften) über dem theoretischen Mittelwert liegen. Tabelle 6 zeigt einen ausführlicheren Vergleichsmaßstab für die Einordnung der Testwerte zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften.

Tabelle 6: Testwerte zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften von (angehenden) Lehrkräften aus bereits erfolgten Studien. Es handelt sich um ausgewählte Studien. Alle Studien fokussieren das Grundschullehramt. Testwerte wurden – wenn nötig – durch die Anzahl an Items geteilt. Manchmal mussten Werte differenziert nach Geschlecht oder Unterrichtserfahrung verwendet werden, wodurch Testwertspannen zustandekommen. Alle Skalen reichten von 1 bis 5 und somit hatten alle den theoretischen Mittelwert von 3. Die Differenz gibt direkt an, ob die Testwerte über dem theoretischen Mittelwert lagen oder nicht.

Autor*innen	Zielgruppe	Testwert	Differenz
Riggs & Enochs, 1990, S. 628–630	Lehrkräfte	4,27 – 4,53	+1,27 – 1,53
Enochs & Riggs, 1990, S. 10, 21	Lehramtsstudierende	3,62	+0,62
Ritter, 1999, S.°65	Lehramtsstudierende	3,41 – 4,88	+0,41 – 1,88
	(zwei Stichproben)	2,82 – 4,82	-0,18 – +1,82
Bleicher, 2004, S. 385–386, 389	Lehramtsstudierende	3,48 – 3,91	+0,48 – 0,91
Smolleck & Yoder, 2008, S. 293	Lehramtsstudierende	3,70	+0,70
Bursal, 2010, S. 655–656, 659	Lehramtsstudierende	4,04	+1,04
Velthuis et al., 2014, S. 454–455	Lehramtsstudierende	3,16 – 3,57	+0,16 – 0,57
Yangin & Sidekli, 2016, S. 56, 59	Lehrkräfte	3,68	+0,68

Tabelle 6 mit Testwerten zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften an der Grundschule verdeutlicht, dass Testwerte über dem theoretischen Mittelwert

häufiger vorkommen. Somit könnten die eher positiven Selbstwirksamkeitserwartungs-Werte eine mögliche spezifische Herausforderung bei der Messung von Selbstwirksamkeitserwartungen sein. Eine Aussage zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe war bisher nicht möglich, da der Fokus der Forschung bisher auf der Grundschule lag (Blonder et al., 2014, S. 9). Ein möglicher Grund für die eher positiven Testwerte aus Tabelle 6 könnte zudem sein, dass fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften in der Primarstufe etablierter ist als in der Sekundarstufe (Labudde, 2017, S. 6) und somit auch eine kleinere Herausforderung darstellt.

8.1.2 Fehleinschätzungen der Testpersonen hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften

Ein zweiter Aspekt, der für die relativ hohen Testwerte der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften von Bedeutung sein könnte, sind mögliche Fehleinschätzungen der Testpersonen (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 14; Handtke et al., submitted). Vielfältige Fehleinschätzungen sind dabei denkbar und in der Forschung bereits angeführt worden: Die eigenen Fähigkeiten könnten stark überschätzt werden (Kazempour, 2013, S. 121; Settlage et al., 2009, S. 118) und für viele Testpersonen könnte wenig vorstellbar sein, was genau an Fähigkeiten verlangt wird beim Unterrichten von Naturwissenschaften (für Biologie: Mavrikaki & Athanasiou, 2011, S. 209). Zudem könnte es auch sein, dass die Schwierigkeit und die Komplexität von bestimmten Aufgaben beim Unterrichten von Naturwissenschaften unterschätzt werden (Hoy & Spero, 2005, S. 353; Weinstein, 1988, S. 37). Diese drei Ansätze liefern mögliche Erklärungen für die eher hohen Selbstwirksamkeitserwartungs-Werte. Zu erwarten wären die Effekte einer Fehleinschätzung besonders bei angehenden Lehrkräften, denen hinreichende Unterrichtserfahrung fehlt (Handtke et al., submitted).

Im Kontext dieser (möglichen) Fehleinschätzungen gibt es zudem auch einige Forscher*innen, die infrage stellen, ob sehr hohe (und zweifelsfreie) Selbstwirksamkeitserwartungen immer das Ziel sein sollten (z. B. Settlage et al., 2009, S. 118; Wheatley, 2002, S. 13). Zweifel können hilfreich sein, um sich professionell als Lehrkraft zu entwickeln, und zu hohe Selbstwirksamkeitserwartungen könnten eine derartige Selbstreflektion verhindern (Settlage et al., 2009, S. 119). Damit scheint die Rolle der Selbstzweifel umstritten zu sein (Wheatley, 2002, S. 13). Es besteht eher eine allgemeine Tendenz, Selbstwirksamkeitserwartungen immer weiter zu erhöhen (Settlage et al., 2009, S. 118). Auch scheinen hohe Selbstwirksamkeitserwartungen nicht immer automatisch in gutem Unterricht zu resultieren (Kazempour, 2013, S. 122). Betrachtet man allerdings die zahlreichen Befunde verschiedenster Forschungsbereiche zur Bedeutung

von höheren Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Lehrkräften für psychische Effekte, das Unterrichtsgeschehen, Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte oder für die Schüler*innen (siehe Kapitel 3.1.2), erscheint die Zielsetzung Selbstwirksamkeitserwartungen zu erhöhen als sinnvoll.

Die Diskussion um möglicherweise zu hohe Selbstwirksamkeitserwartungen sollte zum Anlass genommen werden, in der Ausbildung einer angemessenen Selbstreflektion genügend Raum zu geben und die entsprechende Relevanz einzuräumen. Diese könnte im Rahmen praktischer Erfahrung ermöglicht und gefördert werden, die sich zudem als Einflussfaktor für die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften erwiesen hat (Handtke et al., submitted). Auch Busch und Woest (2016, S. 272) zeigen auf, dass Lehrkräfte mit Unterrichterfahrungen im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht eine positivere selbstbezogene Kompetenzüberzeugung aufweisen. Zudem sollte eine Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartungen auch an eine Verbesserung der Kompetenzen geknüpft sein, wodurch ein Abkoppeln von Selbsteinschätzung und tatsächlicher Fähigkeit verhindert werden sollte. Es sollte folglich nicht der Ansatz verfolgt werden z. B. durch unbegründetes positives Feedback im Sinne der verbalen Überzeugung (Bandura, 1997, S. 101) dazu beizutragen, Selbstwirksamkeitserwartungen unangemessen zu erhöhen, ohne auch gleichermaßen die Fähigkeiten zu fördern.

Basierend auf den eher hohen Selbstwirksamkeitserwartungs-Werten könnte vermutet werden, dass die (angehenden) Lehrkräfte glauben, dass sie alle nötigen Fähigkeiten besitzen, um fächerübergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten. Ein Argument gegen die sehr positive Einschätzung der eigenen Fähigkeiten zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften durch die Testpersonen wird im Folgenden ausgeführt. Ein Item aus einer Batterie von fünf Items zu übergreifenden Aspekten zum fächerübergreifenden Unterrichten lautet (siehe Kapitel 5.3):

1) „Ich kann die Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik als ein Unterrichtsfach fächerübergreifend sehr gut unterrichten."

Die Antwortskala geht von 1: „Stimmt nicht" und 2: „Stimmt kaum" über 3: „Stimmt eher" bis zu 4: „Stimmt genau". Dieses Item wurde in der Hauptstudie von 564 der Testpersonen beantwortet und weist einen Mittelwert von 2,44 auf (bei einer Standardabweichung von 0,82). Dabei antworteten 48,8 % eher negativ auf diese Aussage. Dies spricht eher nicht dafür, dass eine große Anzahl an Personen denkt, überdurchschnittlich kompetent zu sein. Lediglich 6,7 % der Personen gaben die größte Zustimmung an („Stimmt genau"). Eine mögliche Erklärung für die

niedrigeren Werte bei diesem Item könnte die explizite Nennung der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik sein. Dies könnte den Testpersonen stärker vor Augen führen, dass fächerübergreifende Naturwissenschaften die Anforderungen aller drei Fächer beinhalten und würde zu niedrigeren Werten beim übergreifenden Item führen. Zudem könnten die im Vergleich zu dem übergreifenden Item eher positiven Werte der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften, die auf dem PCK-Modell von Park und Chen (2012, S. 925) basieren, vermuten lassen, dass eventuell ein anderer Aspekt fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften als das fachdidaktische Wissen subjektiv wahrgenommene Schwierigkeiten bereitet.

8.1.3 Unterschiede zwischen den selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen zum fachdidaktischen Wissen und zum Fachwissen

Zusätzlich zu den absoluten Werten der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften können auch die absoluten Werte zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik betrachtet werden (Tabelle 7). Dabei ergibt es Sinn, die Mittelwerte differenziert nach den von den Testpersonen studierten naturwissenschaftlichen Fächern zu betrachten, weil das selbstberichtete Fachwissen fachspezifisch erhoben wurde. Ein Mittelwert über alle studierten Fächer hinweg hätte daher wenig Aussagekraft.

Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Faktoren des selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik in der Pilotierung und in der Hauptstudie aufgeteilt nach den studierten naturwissenschaftlichen Fächern. Die Standardabweichung der Mittelwerte steht in Klammern unter dem jeweiligen Mittelwert. Bio = nur Biologie studiert, Che = nur Chemie studiert, Phy = nur Physik studiert, Erd = nur Erdkunde studiert (nur in Pilotierung möglich), B/C = Biologie und Chemie studiert, B/P = Biologie und Physik studiert (nur in Hauptstudie vorhanden), C/P = Chemie und Physik studiert (in Pilotierung nur eine Person, daher dort nicht aufgeführt). Fett markiert sind die Mittelwerte, bei denen das selbstberichtete Fachwissen einem der studierten Fächer entspricht.

Selbstberichtetes Fachwissen in…	**Pilotierung** (n = 114)					**Hauptstudie** (n = 552)					
	Bio	Che	Phy	Erd	B/C	Bio	Che	Phy	B/C	B/P	C/P
Biologie	**3,42**	2,63	2,33	2,38	**3,43**	**3,50**	2,39	2,24	**3,41**	**3,50**	2,21
	(0,40)	(0,60)	(0,70)	(0,56)	(0,42)	(0,41)	(0,74)	(0,69)	(0,53)	(0,32)	(0,68)
Chemie	2,59	**3,73**	2,73	1,83	**3,71**	2,63	**3,79**	2,84	**3,54**	2,91	**3,78**
	(0,50)	(0,45)	(0,71)	(0,78)	(0,44)	(0,70)	(0,43)	(0,71)	(0,52)	(0,50)	(0,31)
Physik	1,79	2,46	**3,86**	1,91	2,66	1,94	2,63	**3,79**	2,41	**3,65**	**3,53**
	(0,57)	(0,70)	(0,26)	(0,75)	(0,40)	(0,64)	(0,64)	(0,27)	(0,63)	(0,35)	(0,47)

Tabelle 7 zeigt, dass die Einschätzung des selbstberichteten Fachwissens deutlich durch die studierten Fächer beeinflusst wird. Die höchsten Mittelwerte sind immer diejenigen, bei denen

das selbstberichtete Fachwissen einem studierten naturwissenschaftlichen Fach entspricht. Daher sind, wenn z. B. nur Erdkunde studiert wurde (in der Pilotierung), die Mittelwerte für alle Faktoren des selbstberichteten Fachwissen relativ niedrig. Dieser Einfluss des studierten Faches auf das entsprechende selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik konnte von Handtke und Bögeholz (2020b, S. 58) bereits auf latenter Ebene in einem Strukturgleichungsmodell nachgewiesen werden. Dieser Effekt zeigt sich in Tabelle 7 zusätzlich auf manifester Ebene.

Betrachtet man dementsprechend den Einfluss des studierten Faches auf das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik, fällt zunächst der bedeutende Einfluss auf, wenn man das Fach studiert, dessen Fachwissen eingeschätzt werden soll (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58). Zusätzlich scheinen sich aber die Faktoren des selbstberichteten Fachwissens in Biologie, Chemie und Physik relativ deutlich voneinander zu unterscheiden. Nur eines der drei Fächer Biologie, Chemie oder Physik zu studieren, hat entweder keine oder vor allem negative Effekte auf die beiden jeweils anderen Faktoren selbstberichteten Fachwissens (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass aus subjektiver Perspektive der Testpersonen das fehlende Fachwissen der nicht-studierten Fächer kritisch sein könnte für fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 61).

Bei der Untersuchung der Effekte der einzelnen studierten naturwissenschaftlichen Fächer auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ließen sich zwar ebenfalls Effekte feststellen (Handtke et al., submitted). Allerdings sind die Effekte wesentlich kleiner als die Effekte der studierten Fächer auf das korrespondierende selbstberichtete Fachwissen (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58; Handtke et al., submitted). Es scheint für das selbstberichtete Fachwissen folglich eine stärkere Abhängigkeit vom studierten Fach vorzuliegen als bei den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften. Diese Ergebnisse liefern daher erste Hinweise, dass das nicht-studierte Fachwissen eventuell als herausfordernder empfunden werden könnte als das nicht-studierte fachdidaktische Wissen. Dies könnte auch in der Ähnlichkeit des fachdidaktischen Wissens in Biologie, Chemie und Physik begründet sein.

So sind die prozessbezogenen Kompetenzen der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik in dieselben Kompetenzbereiche unterteilt (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015). Zudem argumentiert auch Labudde (2017, S. 7) ähnlich für die Nationalen Bildungsstandards in

Deutschland, dass die Unterschiede zwischen den Unterrichtsfächern vor allem in den Basiskonzepten des Fachwissens und spezifischen Inhalten liegen. Und weil jede Testperson mindestens eines der Fächer Biologie, Chemie oder Physik studiert hat (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1441), könnte man annehmen, dass die Testpersonen dann eher positiv zustimmen, wenn sie nach den Selbstwirksamkeitserwartungen basierend auf dem fachdidaktischen Wissen in den Naturwissenschaften gefragt werden (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 14). Allerdings ist dabei zu beachten, dass eine Differenzierung nach dem fachdidaktischen Wissen in Biologie, Chemie und Physik in dieser Arbeit und in dem entsprechenden Messinstrument nicht erfolgt ist.

Die bisherigen Argumente können zudem durch zwei weitere generelle Items gestützt werden. Eines fordert eine Einschätzung zum eigenen Fachwissen, um fächerübergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten. Das andere fokussiert das fachdidaktische Wissen zum selben Zweck. Korreliert man die Testwerte zu den beiden dargestellten Aussagen mit der generellen Aussage zum fächerübergreifenden Unterrichten (Spearman), ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 8):

Tabelle 8: Korrelationen zwischen übergreifenden Items zu Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und einer generellen Aussage hinsichtlich fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften (*n* = 563).

Items	1) „Ich kann die Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik als ein Unterrichtsfach fächerübergreifend sehr gut unterrichten.“
2) „Ich verfüge über das Fachwissen, um Naturwissenschaften fächerübergreifend sehr gut zu unterrichten.“	0,66**
3) „Ich verfüge über das fachdidaktische Wissen, um Naturwissenschaften fächerübergreifend sehr gut zu unterrichten.“	0,42**

** = $p < 0{,}01$

Es fällt auf, dass die Items zum Fachwissen und zum fachdidaktischen Wissen jeweils eine substantielle Korrelation mit der generellen Aussage zum fächerübergreifenden Unterrichten aufweisen, was die Bedeutung beider Bereiche aus Perspektive der Testpersonen stützt. Allerdings unterscheiden sich die beiden Korrelationen in ihrer Stärke[35]. Die Einschätzung des Fachwissens zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften korreliert stärker mit der generell empfundenen Fähigkeit zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften als die Einschätzung des fachdidaktischen Wissens zum fächerübergreifenden Unterrichten.

[35] Unter Einbezug des Pakets *cocor* (Version 1.1-3; Diedenhofen & Musch, 2015) in RStudio konnte bestätigt werden, dass die beiden Korrelationen sich statistisch signifikant unterscheiden.

Somit deuten auch diese Korrelationen an, dass das (selbstberichtete) Fachwissen im Vergleich zum fachdidaktischen Wissen als der kritischere und limitierendere Faktor beim fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften wahrgenommen werden könnte. Es sollte aber beachtet werden, dass 41,2 % der Studierenden der Hauptstudie (n = 190) sich in den ersten vier Semestern ihres Studiums befanden. Diese Personen könnten eine größere Sicherheit im Fachwissen als im fachdidaktischen Wissen aufweisen und eher Fachwissen mit dem Unterrichten in Verbindung bringen, weil sie besonders das Fachwissen noch aus der Schule kennen. In den ersten vier Semestern des Studiums ist fachdidaktisches Wissen für die Studierenden vermutlich eher noch unbekannt, da in der Regel nicht viele entsprechende Veranstaltungen absolviert worden sein dürften. Daher könnte der Unterschied der Zusammenhänge aus Tabelle 8 auch dadurch zumindest teilweise beeinflusst sein. Ob Fachwissen möglicherweise der kritischere Faktor für fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften ist, sollte deshalb mit faktisch erfasstem Fachwissen und fachdidaktischem Wissen überprüft werden. Zudem kann aber auch die nur empfundene höhere Schwierigkeit des Fachwissens bereits einen wichtigen Einfluss haben.

8.1.4 Zum Verhältnis von Ausbildung für und Bereitschaft zu fächerübergreifendem Unterrichten von Naturwissenschaften

Die bisherigen Erkenntnisse dieser Arbeit deuten insgesamt bereits auf das hin, was national und international gefordert wurde: Die Ausbildung muss der Herausforderung fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften angepasst werden (z. B. Bröll & Friedrich, 2012, S. 182, 185; Busch & Woest, 2016, S. 276; Dörges, 2001, S. 232; Fruböse et al., 2011, S. 436; Nagle, 2013, S. 145). Um diese Behauptung mit einer zusätzlichen Evidenz aus der Hauptstudie zu unterstützen, können die letzten beiden Items zur Ausbildung und Bereitschaft betrachtet werden, die die Testpersonen vor den Messinstrumenten beantwortet haben:

4) „Ich fühle mich durch die Ausbildung sehr gut vorbereitet, um Naturwissenschaften fächerübergreifend zu unterrichten."
5) „Wenn ich die Möglichkeit haben werde, werde ich Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten." [36]

Betrachtet man nun eine Kreuztabelle dieser beiden Items, erhält man tiefergehende Erkenntnisse (Tabelle 9).

[36] Dies ist auch das Item, das zur Untersuchung der Bereitschaft zum Unterrichten von Naturwissenschaften von Handtke et al. (submitted) genutzt wurde.

Tabelle 9: Kreuztabelle der übergreifenden Items zur Beurteilung der Ausbildung und der eigenen Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften (*n* = 574).

		4) „Ich fühle mich durch die Ausbildung sehr gut vorbereitet, um Naturwissenschaften fächerübergreifend zu unterrichten.“				
		Stimmt nicht	Stimmt kaum	Stimmt eher	Stimmt genau	Gesamt
5) „Wenn ich die Möglichkeit haben werde, werde ich Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten.“	Stimmt nicht	45	30	9	0	84
	Stimmt kaum	63	73	21	5	162
	Stimmt eher	29	98	71	2	**200**
	Stimmt genau	12	56	45	15	**128**
	Gesamt	149	257	146	22	574

Diese Zahlen bieten einige zusätzliche Erkenntnisse, die dabei helfen können, das Gesamtbild der Testpersonen in dieser Arbeit abzurunden. Die Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften scheint generell eher vorhanden zu sein, da 57,1 % der Testpersonen, die diese Items bearbeitet haben, positiv hinsichtlich ihrer Bereitschaft geantwortet haben (fett markiert; 200 + 128). Diese eher positive Haltung zeigte sich durchgehend in allen drei Subgruppen der Studierenden, Referendar*innen und Lehrkräfte (nicht in der Tabelle zu sehen).

Diese positive Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften ist erwähnenswert, da gleichzeitig die Frage, ob die Testpersonen sich durch die Ausbildung dafür vorbereitet fühlen, von 70,7 % eher negativ beantwortet wird (grau markiert; 149 + 257). Auch diese eher negative Beurteilung der Vorbereitung durch die Ausbildung ist in der Tendenz in den Subgruppen der Studierenden, Referendar*innen und Lehrkräfte vergleichbar (nicht in der Tabelle zu sehen). Keine von den 37 Lehrkräften, die diese Items beantwortet haben, und nur 17 von den 468 Studierenden, die diese Items beantwortet haben, stimmten der Aussage zur sehr guten Vorbereitung durch die Ausbildung voll zu (Antwortkategorie: „Stimmt genau“).

Die Erkenntnisse legen nahe, dass es in der Stichprobe folglich zahlreiche (angehende) Lehrkräfte geben muss, die die Ausbildung für das Unterrichtsfach Naturwissenschaften eher negativ bewerten, aber gleichzeitig eine eher positive Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften haben (Tabelle 9, unterstrichene Werte). Es handelt sich insgesamt um 195 der (angehenden) Lehrkräfte und somit um gut ein Drittel der Stichprobe. Davon geben sogar 41 Personen an, dass sie die Ausbildung mit der negativsten Kategorie bewerten, aber gleichzeitig über eine eher positive Bereitschaft verfügen (29 + 12). Folglich scheinen die Bewertung der Ausbildung und die eigene Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften nicht stark miteinander zusammenzuhängen. Eine Spearman-

Korrelation beider Items von $r = 0{,}40$ ($p < 0{,}01$) bestätigt diesen Eindruck. Komplementär dazu führt aber eine eher positive Bewertung der Ausbildung im Großteil auch zu einer eher positiven Bereitschaft (71 + 45 +2 + 15 = 133) und nicht zu einer eher negativen Bereitschaft (9 + 21 + 0 + 5 = 35). Dadurch ist die Korrelation vermutlich nicht niedriger.

Eine weitere sehr aussagekräftige Zahl ist, dass nur 22 von 574 Testpersonen die Ausbildung als sehr gute Vorbereitung für fächerübergreifende Naturwissenschaften ansehen, obwohl auch zahlreiche Testpersonen mit mindestens zwei studierten Naturwissenschaften inkludiert waren ($n = 178$). Aber auch unter den Testpersonen mit mindestens zwei studierten Naturwissenschaften fielen die Antworten zur Ausbildung eher negativ aus (56,2 %), wobei diese Tendenz bei den Testpersonen mit nur einer studierten Naturwissenschaft noch deutlich stärker war (77,3 %) (nicht in der Tabelle zu sehen). Während mit einer studierten Naturwissenschaft die Bereitschaft eher leicht negativ war (51,5 %), war sie mit zwei studierten Naturwissenschaften deutlich positiv (76,4 %) (nicht in der Tabelle zu sehen). Folgende Kernaussagen, die den Ausbildungsbedarf unterstreichen, können aus den dargestellten Ergebnissen abgeleitet werden:

1) Die Bereitschaft scheint über alle Ausbildungsstufen hinweg eher gegeben zu sein (57,1 %).
2) Die Ausbildung für das Unterrichtsfach Naturwissenschaften wird über alle Ausbildungsstufen hinweg eher negativ beurteilt (70,7 %).
3) Die Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften und die Beurteilung der Ausbildung hängen nicht stark zusammen ($r = 0{,}40$, $p < 0{,}01$).
4) Eine eher positiv beurteilte Ausbildung geht aber meistens mit positiver Bereitschaft einher (133 eher positiv vs. 35 eher negativ).

Betrachtet man die Ergebnisse zur Einschätzung der Ausbildung und der Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften im Kontext von (deutschlandbezogener) Literatur, ergibt sich Folgendes: Ähnlich wie in dieser Arbeit haben Bröll und Friedrich (2012, S. 181–182) aufgezeigt, dass von 954 Realschul-Lehrkräften aus Baden-Württemberg 65,1 % die Ausbildung (Studium) für fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften eher negativ einschätzen. Auch in weiteren Publikationen wie von Jürgensen und Schieber (2001, S. 490), Dörges (2001, S. 231) oder Fruböse et al. (2011, S. 436) wird die Ausbildung hinsichtlich des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften von Lehrkräften kritisiert – wenn auch ohne umfangreiche quantitative Untersuchungen. Die gene-

relle Bereitschaft der (angehenden) Lehrkräfte, fächerübergreifend Naturwissenschaften zu unterrichten, wurde – abseits normativer Fragen – eher weniger beforscht. Nur Fruböse et al. (2011, S. 434) meinen (ohne quantitative Untersuchung), dass sie wenige andere Lehrkräfte kennen würden, die zu fächerübergreifendem Unterrichten von Naturwissenschaften bereit seien. Somit kann die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten, um die Wissensbasis hinsichtlich der Beurteilung der Ausbildung und der Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften zu stärken (z. B. Bereitschaft der Studierenden, Zusammenhang beider Aspekte).

8.2 Diskussion und Einordnung der eigenen Forschung

Im zweiten Teil der Diskussion stehen die eigene Forschung und deren Einordnung im Fokus. Zu diesem Zweck sollen die folgenden vier Bereiche betrachtet werden:

- Stärken der Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik
- Grenzen der vorliegenden Forschung
- Repräsentativität der Stichprobe der Hauptstudie
- Internationale Anschlussfähigkeit der Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik sowie die der Ergebnisse

8.2.1 Stärken der Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik

Zu den Stärken des Messinstruments zu den *Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften* zählen insbesondere die Theoriebasierung des Instruments (über das PCK-Modell; Park & Chen, 2012, S. 925), die Integration von inhaltlich standardisierten Hürden in alle Items und die Operationalisierung nah an der Theorie zu Selbstwirksamkeitserwartungen.

Im Bereich des Unterrichtens von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe lag im Vorfeld dieser Dissertation kein Messinstrument vor, das empirisch belastbar theoriebasiert (ausgehend von einem Modell zu Anforderungen des Unterrichtens von Naturwissenschaften) entwickelt wurde (siehe Kapitel 3.1.3; Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4). Es wäre wünschenswert, wenn zukünftige Messinstrumente zu Selbstwirksamkeitserwartungen in allen Kontexten von einem Modell zu aktuellen Anforderungen bzw. den Anforderungen der aktuellen Bildungsvorgaben als Grundlage ausgehen würden. In anderen neueren Studien wie z. B. von Hinterholz und Nitz (2017, S. 193) zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Biologie lassen sich solche Aspekte bereits feststellen. Der Ansatz, die Selbstwirksamkeitserwartungen von einem Modell mit Bezug zu den Anforderungen naturwissenschaftlichen Unterrichtens (in dieser Arbeit: Park & Chen, 2012, S. 925) abzuleiten, greift die geforderte Multidimensionalität eines Selbstwirksamkeitserwartungs-Instruments auf (Bandura, 1997, S. 42) und fundiert die Forschung fachdidaktisch durch Anknüpfung an Forschung zum fachdidaktischen Wissen.

In bisherigen Messinstrumenten zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (inklusive Biologie, Chemie und Physik) werden eher selten ausreichende Hürden und Schwierigkeiten eingebaut (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 4). Die Integration einer Hürde in den Items des Messinstruments ist eine zentrale Forderung von Bandura (1997, S. 43, 2006, S. 311). Das neu entwickelte Messinstrument erfüllt diese Anforderung und vermeidet möglicherweise mangelnde systematische Variationen oder doppelte Hürden, indem die Hürde mit dem (fächerübergreifenden) naturwissenschaftlichen Unterricht inhaltlich standardisiert wurde (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 7). Dieses standardisierte Vorgehen ermöglicht zudem eine Interpretation der Items hinsichtlich der gestellten fachdidaktischen Anforderung (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 7–8).

Eine weitere Stärke des Messinstruments zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften ist die Operationalisierung nah an der Theorie zu Selbstwirksamkeitserwartungen (z. B. Nutzung des Präsens und „Ich kann…“ als Einleitung der Items; Bandura, 1997, S. 43–44). Der Verzicht auf sprachliche Variationen der Einleitungen der Items sorgte dafür, dass der Anweisung der Theorie präzise gefolgt wurde. Eine weitere Stärke der Operationalisierung ist die Erklärung möglicherweise unbekannter Fachbegriffe über Fußnoten (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8). Dadurch wird eine Erfassung des Wissens eher vermieden und auch Studierende der ersten Semester geben ihre Selbstwirksamkeitserwartungen an – und weniger die Kenntnis von Fachbegriffen.

Stärken des Messinstruments zum *selbstberichteten Fachwissen* sind folgende: Eine zentrale Stärke ist die Fundierung der Items durch die zugrunde gelegten Basiskonzepte (bzw. Themenbereiche) der Curricula (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). Das Instrument greift damit schulpraktisch relevante Anforderungen auf. Eine Expert*innenbefragung sicherte zudem ein vergleichbares Verständnis der Items über Länder und Bundesländer hinweg ab (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). Damit wurde auch für das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik eine Konstruktion eng an den Vorgaben und Anforderungen fächerübergreifenden Unterrichtens in den Naturwissenschaften vorgenommen.

Sichergestellt wurde für beide Instrumente, dass konkrete Anforderungen an das Professionswissen der (angehenden) Lehrkräfte aus fachdidaktischer Forschung bzw. aus den Vorgaben für den Unterricht aufgegriffen werden. Zudem ist die für den Unterricht erforderliche gemeinsame Betrachtung des fachdidaktischen Wissens und des Fachwissens innerhalb der selbstbe-

zogenen Fähigkeitskognitionen eine Stärke der Instrumente sowie der durchgeführten Pilotierung und Hauptstudie. Durch die Integration beider Bereiche des Professionswissens wurde zudem ein relativ breiter Bereich an Anforderungen abgedeckt.

Zudem wurden beide Messinstrumente umfangreich validiert (siehe Kapitel 4, 7.1 und 7.2). Zusätzlich zur bisherigen Betrachtung der Hauptgütekriterien (Objektivität, Reliabilität und Validität) soll an dieser Stelle noch ein spezielles Nebengütekriterium hervorgehoben werden, das für die vorliegenden neuen Messinstrumente von besonderer Bedeutung ist: die (Test)Ökonomie (Bühner, 2011, S. 71–72). Die *Testökonomie* (Bühner, 2011, S. 72; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 21) ist eine weitere bedeutende Stärke beider neuen Messinstrumente. Diese fällt z. B. besonders im Vergleich mit Instrumenten zum faktischen Fachwissen auf, die pro Fach 45 bis 60 Minuten in Anspruch nehmen können (z. B. für Biologie: Großschedl et al., 2018, S. 15). Die Erhebung beider Instrumente zu Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik nahm in der Pilotierung durchschnittlich circa 20 Minuten in Anspruch (SElf-ST Instrument noch mit 63 Items; Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8–9). In der Hauptstudie dauerte die Erhebung (SElf-ST Instrument mit 41 Items, aber inklusive der Validierungsinstrumente) durchschnittlich auch circa 20 Minuten. Die Dauer der Testdurchführung lag in der Pilotierung zwischen 11 und 30 Minuten und in der Hauptstudie (inklusive der Validierungsinstrumente) zwischen 10 und 35 Minuten.

Neben der eigentlichen Durchführungsdauer sind auch der zeitliche Aufwand für die Vorbereitung der Durchführung, die einfache Handhabung und eine schnelle Auswertung Bestandteil einer guten Testökonomie (Bühner, 2011, S. 72; Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 21). Das geschlossene Antwortformat der Likert-Skalen beider Instrumente liefert zusammen mit den relativ geringen Bearbeitungszeiten über beide Studien hinweg Argumente für eine gute Testökonomie beider Instrumente – zusätzlich zur bereits dargelegten Objektivität, Reliabilität und Validität. Dies erleichtert einen praktischen Einsatz beider Messinstrumente.

8.2.2 Grenzen der vorliegenden Forschung

Bei allen Stärken der Instrumente gibt es Limitationen, die über diejenigen hinausgehen, die in den Publikationen bzw. dem Manuskript besprochen werden (siehe Kapitel 6, z. B. Zusammensetzung der Stichproben hinsichtlich der Fächer und des Ausbildungsstands). Diese gilt es im Folgenden anzusprechen, zu reflektieren und einzuordnen.

Die Anforderungen an (angehende) Lehrkräfte hinsichtlich fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften können über die Aspekte professioneller Kompetenz dargestellt werden (Baumert & Kunter, 2011, S. 32). Als Operationalisierungsgrundlage der selbstbezogenen Fähigkeitskognitionen wurden Bereiche des Professionswissens ausgewählt. Im Sinne des fachdidaktischen Ansatzes sowie aus zeit- und aufwandsökonomischen Gründen fand dann eine Beschränkung auf die beiden Bereiche des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens statt. Weitere mögliche Wissensbereiche, die eine Rolle beim Unterrichten spielen können, konnten ressourcenbedingt nicht gleichzeitig behandelt werden (z. B. Pädagogisch-psychologisches Wissen; Baumert & Kunter, 2011, S. 32).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde in Kapitel 3.2.2 bereits angesprochen, dass angenommen wird, dass fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften die (Perspektiven der) drei einzelnen Fächer Biologie, Chemie und Physik benötigt (Engelmann, 2019, S. 25–26; MNU, 2003, S. X). Daher wurde das selbstberichtete Fachwissen disziplinär in Biologie, Chemie und Physik in den Blick genommen (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54). Bei den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften wurde hingegen auf die fächerübergreifenden Aufgaben eingegangen. Vermutlich erfassen die beiden Fragebögen auch zusammen nicht alle problematischen Anforderungen fächerübergreifenden Unterrichtens in den Naturwissenschaften. So könnten insbesondere die Aufbereitung fächerübergreifender Themen und die Einnahme der unterschiedlichen Fachperspektiven ein kritischer Aspekt des fächerübergreifenden Unterrichts sein. Es könnte von Interesse sein, in der Zukunft auch konkret die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten zum Herstellen interdisziplinärer Verbindungen (Watanabe & Huntley, 1998, S. 19) und zur Aufbereitung komplexer fächerübergreifender Themen zu erforschen. Durch die Fokussierung auf das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften sind diese Punkte zwar mindestens indirekt integriert; eventuell könnte eine stärkere Hervorhebung solcher Aspekte aber noch weitere Problemfelder aufzeigen.

Zudem könnte darüber nachgedacht werden, die fächerübergreifenden Aspekte in den Items der Selbstwirksamkeitserwartungen noch stärker zu betonen, indem z. B. das Wort *fächerübergreifend* in die Items bzw. die Hürde integriert wird. Die Formulierungen *Naturwissenschaften* oder *naturwissenschaftlicher Unterricht* könnten Interpretationsspielraum ermöglichen. Allerdings wurde in der Pilotierung bei jedem dieser Worte per Fußnote erklärt, dass dies alle naturwissenschaftlichen Fächer bzw. Inhalte einbezieht (Handtke & Bögeholz, 2019a, S. 8). Und in der Hauptstudie gab es eine kurze Situationsbeschreibung zu Beginn der Selbstwirksamkeitserwartungs-Items, die eindeutig den fächerübergreifenden Unterricht betont (Handtke & Bögeholz,

2020a, S. 1441). Daher sollte die Bedeutung der Hürde im Sinne des Fächerübergriffs trotzdem für die Testpersonen weitgehend verständlich und eindeutig sein.

Ein weiteres Problem generell von Forschung zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften ist die uneinheitliche Definition fächerübergreifenden Unterrichts, aus der (unter anderem) auch der bisherige Mangel an empirischen Resultaten zur Wirksamkeit folgt (Czerniak & Johnson, 2014, S. 398; Labudde, 2014, S. 14, 16, 19). Theoretisch kann fächerübergreifendes Unterrichten von Naturwissenschaften in vielen verschiedenen Organisationsformen wie z. B. als Integrationsfach, als Blockwochen oder als Wahl(pflicht)fach stattfinden (Labudde, 2017, S. 4–6). Zudem zeigte sich empirisch bei einer Analyse der Curricula, dass fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht beispielsweise in Deutschland in verschiedenen Bundesländern unterschiedlich durchgeführt wird: Lehrpläne unterscheiden sich stark voneinander und die Inhalte des fächerübergreifenden Unterrichts scheinen vom jeweiligen Bundesland abhängig zu sein (Graube et al., 2013, S. 178). Dies erschwerte auch die Konzeption der Messinstrumente dieser Arbeit. Um dieses Problem zu lösen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit die anspruchsvollste Ausführung fächerübergreifenden Unterrichts in den Naturwissenschaften als Grundlage festgelegt: Eine Lehrkraft unterrichtet innerhalb eines Faches ein übergreifendes Thema aus mehreren Perspektiven (Metzger, 2010, S. 32). Damit wurde die schwerste Durchführungsvariante fokussiert. Wer glaubt, diese Variante unterrichten zu können, wird vermutlich auch überzeugt sein, die weniger stark fächerübergreifenden Varianten unterrichten zu können.

8.2.3 Repräsentativität der Stichprobe der Hauptstudie

Im Folgenden wird die Repräsentativität der Stichprobe der Hauptstudie diskutiert. Betrachtet man die Frage, auf welche Personen die Ergebnisse übertragen werden können, zeigen sich mehrere Möglichkeiten. Bedingt ist dies durch die große und gut zusammengesetzte Stichprobe der Hauptstudie, die Lehramtsstudierende, Referendar*innen und Lehrkräfte abdeckt und zudem alle gängigen Fächerkombinationen beinhaltet (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1441, 2020b, S. 53). Zwar gibt es einen Fokus auf Niedersachsen, aber zusätzlich wurden vier weitere Bundesländer integriert, um auch die Gültigkeit über Niedersachsen hinaus zu prüfen (Handtke & Bögeholz, 2020a, S. 1441, 2020b, S. 53).

Eine Integration von noch mehr Referendar*innen, Lehrkräften und mehr Personen mit Physik in Kombination mit einer zweiten studierten Naturwissenschaft wäre aber sicherlich wünschenswert (Handtke et al., submitted). Dies würde die Repräsentativität weiter erhöhen. Eine

Integration von mehr Personen, die Physik mit einer zweiten Naturwissenschaft studieren, könnte aber auch schwierig sein, weil es weniger solche Personen gibt als z. B. Studierende mit der Fächerkombination Biologie und Chemie (Handtke et al., submitted). Das zeigt sich beispielsweise in der Hauptstudie, wo ungefähr in ähnlicher Menge Testpersonen mit Biologie (28,9 %), Chemie (23,4 %) oder Physik (16,8 %) integriert werden konnten, aber deutlich mehr mit der Kombination Biologie und Chemie (24,3 %) als Physik mit einem zweiten naturwissenschaftlichen Fach (1,2 % und 5,1 %) (Handtke et al., submitted).

Bestätigt wird diese Annahme durch Zahlen zu den Studierenden im 1. Fachsemester in Biologie, Chemie und Physik auf Lehramt (schulartunspezifisch) an deutschen Universitäten im Wintersemester 2018/2019, die bereits von Handtke et al. (submitted) erwähnt wurden: Während nur 2818 Lehramtsstudierende Physik (und Astronomie) als Studienfach wählten, entschieden sich 5369 für Chemie und mit 12005 Personen entschieden sich mit Abstand die meisten für ein Studium der Biologie auf Lehramt (Destatis, 2019, S. 43). Trotz dieser plausiblen Begründung können hinsichtlich der Referendar*innen, der Lehrkräfte und der Testpersonen mit Physik und einer zweiten Naturwissenschaft Interpretationen bisher nur sehr begrenzt generalisiert werden.

8.2.4 Internationale Anschlussfähigkeit der Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik sowie die der Ergebnisse

Aus der Befolgung der Konstruktionsvorschriften (Bandura, 1997, S. 43–44), der Integration der Hürde (Bandura, 1997, S. 43, 2006, S. 311) und der Nutzung des PCK-Modells von Park und Chen (2012, S. 925) wird die internationale Anschlussfähigkeit des Instruments zu den *Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften* deutlich. Durch die Integration eines international gültigen und anwendbaren Modells zum fachdidaktischen Wissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (Park & Chen, 2012, S. 925) ist das Instrument grundsätzlich international anwendbar. Zudem kann auch hinsichtlich des Themas der Pilotierung und der Hauptstudie, des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften, von einer internationalen Anschlussfähigkeit gesprochen werden. Selbstwirksamkeitserwartungen im Kontext von (angehenden) Lehrkräften sind ein oft beforschtes Konstrukt (Duffin et al., 2012, S. 828) (siehe auch Kapitel 3.1.2 bis 3.1.4). Und auch die Herausforderung des (teilweise) fachfremden Unterrichtens (Englisch: *out-of-field teaching*) ist nicht nur national, sondern auch international von Interesse (siehe Kapitel 2.3; z. B. Carlson et al., 2019, S. 91; Dörges, 2001, S.

230; Fruböse et al., 2011, S. 434). Damit sind sowohl die Ergebnisse als auch die Messinstrumente von nationalem und internationalem Interesse.

Die internationale Anschlussfähigkeit des Messinstruments zum *selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik* und der Ergebnisse des Instruments soll an zwei Beispielen illustriert werden. Die Bedeutung und Gültigkeit des Messinstruments und seiner Ergebnisse für Deutschland liegt in der Verwendung der Curricula Niedersachsens als Konkretisierung der Nationalen Bildungsstandards begründet (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S. 7). Das allgemeine Vorgehen der Messinstrumententwicklung zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik (Entnahme der Basiskonzepte aus den Curricula, Expert*innenbefragung; Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 54) lässt sich auch in anderen Ländern anwenden und ist grundsätzlich jenseits der Bundesrepublik übertragbar.

Um aufzuzeigen, dass bereits das vorliegende Instrument und die dazugehörigen Ergebnisse international von Nutzen sein können, zeigt Tabelle 10 einen beispielhaften Vergleich

1) der Basiskonzepte der Curricula Niedersachsens für Klasse 5–10 (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015) (inklusive der von den Expert*innen genannten Beispiele im Instrument für das selbstberichtete Fachwissen; Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 66–67) mit
2) den Nationalen Bildungsstandards für die Naturwissenschaften in der Schweiz für Klasse 5–8 und 9–11 (Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren [EDK], 2011) und mit
3) den Inhalten der Nationalen Curricula Englands von Klasse 7–9 und 10–11 (Department for Education, 2013, 2014).

Tabelle 10: Vergleich der Basiskonzepte und Themenbereiche in Biologie, Chemie und Physik in Niedersachsen (Niedersächsisches Kultusministerium, 2015) **(inklusive der Expert*innenbeispiele von Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 66–67) mit den Themenbereichen der Nationalen Bildungsstandards für die Naturwissenschaften in der Schweiz für die Klassen 5–8 und 9–11** (Ende Sekundarstufe I; EDK, 2011) **und mit den ausgewiesenen Inhalten (*Subject content*) der Nationalen Curricula in England für die Klassen 7–9 und 10–11** (key stage 3 und 4; Department for Education, 2013, 2014). Zuerst genannt sind in jeder Zelle die Inhalte der niedersächsischen Curricula, als Zweites folgen unterstrichen die Bereiche der Schweizer Bildungsstandards mit (möglichen wenigstens teilweisen) Überschneidungen und in kursiv geschrieben sind die Bereiche der Curricula in England für key stage 3 und 4 mit (möglichen wenigstens teilweisen) Überschneidungen. Struktur und Funktion steht in Klammern, weil es nicht im finalen Instrument integriert wurde (Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 55). Der Überblick beansprucht keine Vollständigkeit, sondern soll einen Eindruck der Vergleichbarkeit der normativen Vorgaben ermöglichen. Wo Bezüge über die Überbegriffe nicht direkt erkennbar sind, wird über Fußnoten der spezifische Inhalt aufgezeigt.

Biologie	**Chemie**	**Physik**
(Struktur und Funktion) (Lebewesen) *(Structure and function of living organisms)*	**Stoff-Teilchen** Stoffe und Stoffveränderungen *The particulate nature of matter;* *Atoms, elements and compounds;* *Pure and impure substances;* *Atomic structure and the Periodic Table;* *Chemical analysis*	**Energie** Bewegung, Kraft, Energie *Energy changes and transfers* *Energy*
Kompartimentierung Lebewesen *Cells and organisation;* *Cell biology*	**Struktur-Eigenschaft** Stoffe und Stoffveränderungen *The Periodic Table;* *Atomic structur and the Periodic Table;* *Structure, bonding and the properties of matter*	**Thermodynamik** (keine explizite Überschneidung identifizierbar) *Pressure in fluids;* *Energy*
Steuerung und Regelung Wahrnehmung und Steuerung; Lebensräume und Lebensgemeinschaften[37]; Mensch und Gesundheit[38] *Relationships in an ecosystem*[39]*;* *Coordination and control*	**Chemische Reaktion** Stoffe und Stoffveränderungen *Chemical reactions;* *Chemical changes*	**Magnetismus und Elektrizität** Wahrnehmung und Steuerung[40] Stoffe und Stoffveränderungen[41] *Current electricity;* *Magnetism;* *Electricity*

[37] z. B. „Wechselwirkungen innerhalb von Systemen;“ (EDK, 2011, S. 11–12); „Wechselbeziehungen zwischen Individuen und Arten“ (EDK, 2011, S. 12)
[38] z. B. „Humanbiologische Grundlagen: exemplarische Systeme und Zusammenhänge wie Gehirn, Nervensystem und Hormone“ (EDK, 2011, S. 12)
[39] z. B. „the interdependence of organisms in an ecosystem, including food webs and insect pollinated crops“ (Department for Education, 2013, S. 7)
[40] z. B. „Verzweigte Stromkreise; Einsatz von elektrischer Energie (z. B. Serie- und Parallelschaltung als Phänomen)“ (EDK, 2011, S. 10), „Einsatz von elektrischer Energie (Erzeugung von Licht, Wärme, Bewegung als Phänomen)“ (EDK, 2011, S. 10); „Stromkreise (seriell und parallel), Messen von Stromstärken und Spannung; Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand“ (EDK, 2011, S. 12)
[41] z. B. „Modelle zur Erklärung von Phänomenen (Teilchenmodell, elektrische Ladung, Elementarmagnete)“ (EDK, 2011, S. 10)

Stoff- und Energieumwandlung Lebewesen; Lebensräume und Lebensgemeinschaften *Photosynthesis;* *Cellular respiration;* *Cell biology;* *Ecosystems*	**Energie** Stoffe und Stoffveränderungen; *Energetics;* *Energy changes in chemistry*	**Mechanik** Bewegung, Kraft, Energie *Describing motion;* *Forces;* *Forces and motion*
Information und Kommunikation Wahrnehmung und Steuerung *Coordination and control*		**Phänomenorientierte Optik** Wahrnehmung und Steuerung[42] *Light waves*
Reproduktion Lebewesen *Inheritance, chromosomes, DNA and genes;* *Reproduction;* *Evolution, inheritance and variation*		**Atom- und Kernphysik** Stoffe und Stoffveränderungen *Atomic structure*
Variabilität und Angepasstheit Lebewesen *Inheritance, chromosomes, DNA and genes;* *Evolution, inheritance and variation*		
Geschichte und Verwandtschaft Lebewesen *Inheritance, chromosomes, DNA and genes* *Evolution, inheritance and variation*		

[42] z. B. „Geradlinige Ausbreitung von Licht; Reflexion; Brechung; natürliche und künstliche Lichtquellen“ (EDK, 2011, S. 10); „Funktionen von Auge und Ohr (Aufbau; Linsen; Akkommodieren); Farben (additive und subtraktive Farbmischung)“ (EDK, 2011, S. 12)

Der Vergleich der Curricula bzw. Bildungsstandards liefert drei zentrale Erkenntnisse:

1) Alle niedersächsischen Basiskonzepte lassen sich (wenigstens teilweise) in den Inhalten der naturwissenschaftlichen Curricula für England (disziplinär organisierte Curricula) und fast alle (Ausnahme: Thermodynamik) in den Nationalen Bildungsstandards (interdisziplinär organisiert) der Schweiz bezüglich ähnlicher Klassenstufen wiederfinden.
2) Die Systematik und die Inhalte der Curricula von Niedersachsen und England sowie der Bildungsstandards der Schweiz sind trotzdem nicht deckungsgleich, sondern weisen nur inhaltliche Überschneidungen auf.
3) Im Gegensatz zu den niedersächsischen Curricula werden in den Curricula von England und den Bildungsstandards der Schweiz keine grundlegenden Basiskonzepte definiert.

Diese Erkenntnisse erlauben es im Folgenden davon zu sprechen, dass das Messinstrument zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik sowie die damit gewonnenen Erkenntnisse (zumindest teilweise) international übertragbar sein können – überlegenswert wäre jedoch eine entsprechende Adaptierung des Instruments vor dessen Einsatz. Diese Anschlussfähigkeit gilt dabei sogar für disziplinär organisierte Curricula (Department for Education, 2013, 2014) und auch interdisziplinäre Bildungsstandards (EDK, 2011).

Somit kann insgesamt davon gesprochen werden, dass sich viele Transfermöglichkeiten und Anschlusspunkte der in dieser Arbeit präsentierten Forschung zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik (Ergebnisse und Messinstrumente) bieten können[43].

[43] Die internationale Anschlussfähigkeit zeigt sich auch durch bereits erhaltene Anfragen zum Messinstrument der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften aus der Türkei, den USA und Spanien.

9 Überlegungen zu zukünftiger Forschung

Abschließend werden sich über die Publikationen und das Manuskript hinaus ergebende Desiderate formuliert. Von Handtke et al. (submitted) wurden das Desiderat nach einem Längsschnitt zur Untersuchung tatsächlicher Veränderungen der Selbstwirksamkeitserwartungen und die qualitative Untersuchung der Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften angesprochen.

Darüber hinaus ergeben sich auf Basis der Studien einige weitere Desiderate. Zwar konnte plausibilisiert werden, warum mit dem fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht eine inhaltlich standardisierte Hürde gewählt wurde. Ob sie aber wie gewünscht funktioniert, wurde nicht explizit getestet. Es stellt sich die Frage, inwiefern der fächerübergreifende naturwissenschaftliche Unterricht als Hürde immer gezielt in die Überlegungen der Testpersonen zum Ankreuzverhalten einbezogen und somit auch angewandt wurde. Dies könnte ein interessanter Aspekt für eine qualitative Untersuchung (z. B. Methode Lauten Denkens; Ericsson & Simon, 1993; Sandmann, 2014) sein, um herauszufinden, wie die Hürde wahrgenommen wird und sich auf das Antwortverhalten auswirkt.

Sollte sich zeigen, dass der fächerübergreifende naturwissenschaftliche Unterricht als Hürde Verbesserungspotential aufweist, könnte in Betracht gezogen werden, die Fächer Biologie, Chemie und Physik explizit in der Hürde zu erwähnen (siehe schwieriger wahrgenommenes Item in Kapitel 8.1.2) oder den Fächerübergriff explizit in jedem Item zu nennen (siehe Kapitel 8.2.2). Man könnte in einer daran anschließenden Untersuchung prüfen, ob Hürden mit einer Spezifizierung der einzelnen naturwissenschaftlichen Fächer als Bestandteil des fächerübergreifenden Unterrichtens bzw. mit einer expliziten Nennung des Fächerübergriffs als schwieriger empfunden werden. Dies sind mögliche Wege zur Weiterentwicklung und Optimierung des Messinstruments zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften.

Eine weitere mögliche Untersuchung, um noch tiefere Einblicke zu erlangen, wäre die qualitative Befragung einzelner Testpersonen z. B. mit besonders hohen oder niedrigen Testwerten. Eine Triangulation im Sinne der Kombination von quantitativen und qualitativen Ergebnissen würde bewirken, dass die Ergebnisse noch aussagekräftiger werden z. B. hinsichtlich der Gründe für die besonders hohen oder niedrigen Testwerte (Krüger et al., 2014, S. 405).

In einem Artikel beklagt Labudde zudem (2014, S. 12–13), dass hinsichtlich des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts gerne auf Grundlage von Mythen oder Glauben und Meinen argumentiert wird. Ausgehend von seinem Versuch, diese Mythen soweit möglich zu widerlegen (Labudde, 2014), könnte es von Interesse sein in den Blick zu nehmen, inwiefern es einen Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften hat, wenn (angehende) Lehrkräfte mehr Vorteile oder mehr Nachteile im fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften sehen. Durch Handtke et al. (submitted) konnte zudem der Einfluss der Bereitschaft zum naturwissenschaftlichen Unterrichten auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften gezeigt werden. Es könnte daher zusätzlich untersucht werden, ob die Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften eventuell eine vermittelnde Rolle zwischen den wahrgenommenen Vor- und Nachteilen und den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften einnimmt (Mediation).

Ein weiterer interessanter Ansatzpunkt im Rahmen des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften könnte zudem das Interesse der (angehenden) Lehrkräfte an den nicht-studierten Fächern sein. So haben Fruböse et al. (2011, S. 434) die Behauptung aufgestellt, dass den (angehenden) Lehrkräften ein Interesse an den nicht-studierten Fächern wie z. B. Physik fehlt. Dieser Frage empirisch nachzugehen und den Einfluss des Interesses an den Fächern auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und das selbstberichtete Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik zu ermitteln, würde die Wissensbasis im Feld zusätzlich erweitern.

Mit der vorliegenden Arbeit wurden Instrumente zur Evaluation der Ausbildung bereitgestellt. Sie können genutzt werden, um im Rahmen von Begleitforschung über die Ausprägung der einzelnen Faktoren von Selbstwirksamkeitserwartungen und selbstberichtetem Fachwissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften Erkenntnisse über Defizite der Ausbildung und bestehender Maßnahmen zu erlangen. Zunächst müssen folglich die aktuelle Umsetzung der Ausbildung bzw. einzelner Maßnahmen und die Erreichung der Ziele durch Begleitforschung evaluiert werden (Beywl, 2015, S. 37). Basierend auf den Evaluationsergebnissen und einem möglichen Anpassungsbedarf der Ausbildung sollten daran anschließend die Ausbildung bzw. entsprechende Maßnahmen im Zuge von Begleitforschung so modifiziert und gestaltet werden, dass sie die empirischen Untersuchungsergebnisse aufgreifen und dem fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften nutzen. Es steht folglich die evidenzbasierte Weiterentwicklung im Fokus. Zusätzlich sollte aber ebenfalls in den Blick genommen werden, dass die

Ausbildung von den angehenden Lehrkräften als wirksam und nützlich wahrgenommen wird. Dieser Aspekt fokussiert das Kompetenzerleben der angehenden Lehrkräfte und hatte sich z. B. in dieser Arbeit aktuell als vernachlässigt herausgestellt (siehe Kapitel 8.1.4).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde dargestellt, dass die Ausbildung vermutlich auf das fächerübergreifende Unterrichten von Naturwissenschaften angepasst werden sollte. Zeitlich parallel zu dieser Arbeit wurde beispielsweise an der Universität Göttingen im Rahmen des Schlözer Programm Lehrerbildung (als Teil der bundesweiten Qualitätsoffensive Lehrerbildung) ein Zertifikat *Fächerübergreifendes Unterrichten* mit dem Zertifikatsschwerpunkt *Unterrichten von Naturwissenschaften* entwickelt (Eggert et al., 2018, S. 52). In diesem Zertifikatsschwerpunkt werden im Optionalbereich des Studiums je eine Veranstaltung zum Fachwissen (je 2 ECTS) und je eine Veranstaltung zum fachdidaktischen Wissen (je 3 ECTS) in den nicht-studierten Naturwissenschaften absolviert (Eggert et al., 2018, 52–53). Das abschließende Praxismodul (6 ECTS) ermöglicht zur Abrundung erste praktische Erfahrungen im fächerübergreifenden Unterricht sowie deren Reflektion (Eggert et al., 2018, S. 53).

Dieser neu entwickelte und erprobte Zertifikatsschwerpunkt *Unterrichten von Naturwissenschaften* greift auch Einflussfaktoren auf, die im Rahmen dieser Arbeit identifiziert wurden (Ausbildung in mehreren Fächern, Unterrichtserfahrung). Die Wirkung dieser Zusatzausbildung für angehende Lehrkräfte sollte in Zukunft durch Begleitforschung mit Hilfe der bereitgestellten Instrumente evaluiert werden. Dadurch kann wie vorher beschrieben die Wirkung dieser Maßnahme untersucht werden und auf Basis der Ergebnisse eine evidenzbasierte Weiterentwicklung und Optimierung erfolgen. Folgende Fragen könnten aufkommen, die eine Modifikation dieser Zusatzausbildung betreffen: Muss der Zertifikatsschwerpunkt mehr Ausbildung hinsichtlich des Fachwissens und fachdidaktischen Wissens der nicht-studierten Fächer anbieten? Muss eine der beiden Wissenskomponenten stärker fokussiert werden als die andere? Muss der Praxisanteil im Zertifikatsschwerpunkt erhöht werden?

Neben der evidenzbasierten Identifikation von Vorteilen des interdisziplinären naturwissenschaftlichen Unterrichts gegenüber der disziplinären Form ist die Evaluation der Ausbildung eine der wichtigen Aufgaben der Forschung. Sie sollte neben theoretischen und konzeptionellen Überlegungen die Evidenzen zur Verfügung stellen, auf deren Grundlage Fortbildungen (weiter-)entwickelt und Ausbildungen angepasst werden können.

10 Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Messinstrumente zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften und zum selbstberichteten Fachwissen in Biologie, Chemie und Physik entwickelt und einer empirischen Überprüfung unterzogen. Aufgrund ihrer angenommenen internationalen Anschlussfähigkeit leistet die Arbeit einen Beitrag sowohl zu nationaler als auch internationaler Forschung zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften. Die Theoriebasierung des Instruments zu den Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften (auf dem Modell von Park & Chen, 2012, S. 925) stellt eine wichtige Weiterentwicklung in diesem Forschungsbereich dar.

Zudem wurden in dieser Arbeit praxisrelevante Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartungen und das selbstberichtete Fachwissen zum Unterrichten von Naturwissenschaften in der Sekundarstufe bzw. Sekundarstufe I identifiziert (Unterrichtserfahrung, Art und Anzahl studierter naturwissenschaftlicher Fächer, Bereitschaft zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften und Schulnoten in Biologie, Chemie und Physik; Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 58; Handtke et al., submitted). Die Arbeit leistet damit zusätzlich einen wichtigen Beitrag, um die Wissensbasis für die Sekundarstufe bzw. Sekundarstufe I und vor allem hinsichtlich der Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften – wie von Blonder et al. (2014, S. 12) gefordert – über die Grundschule hinaus zu erweitern. Die bisher nicht untersuchten Einflussfaktoren (Einfluss einzelner studierter naturwissenschaftlicher Fächer auf das selbstberichtete Fachwissen der jeweils anderen Fächer und der Einfluss einzelner studierter naturwissenschaftlicher Fächer auf die Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften; Handtke & Bögeholz, 2020b, S. 51, 58; Handtke et al., submitted) liefern weitere neue Einblicke hinsichtlich beider Konstrukte.

Abschließend zeigte sich (mindestens für das selbstberichtete Fachwissen) ein Ausbildungsbedarf zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften. Die vorliegende Dissertation konnte dabei aufdecken, dass die Bereitschaft der (angehenden) Lehrkräfte zum fächerübergreifenden Unterrichten von Naturwissenschaften eher positiv ist – und das trotz der dafür eher negativ beurteilten Ausbildung. Die generell vorhandene positive Bereitschaft (vor allem bei den in großer Zahl befragten Studierenden) macht Hoffnung für die Zukunft des fächerübergreifenden Unterrichtens von Naturwissenschaften. Diese Bereitschaft sollte genutzt werden, um in Zukunft (angehende) Lehrkräfte noch besser auf die Herausforderung fächerübergreifenden Unterrichtens in den Naturwissenschaften vorzubereiten.

11 Literaturverzeichnis[44]

Abele, A. E., & Candova, A. (2007). Prädiktoren des Belastungserlebens im Lehrerberuf: Befunde einer 4-jährigen Längsschnittstudie. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *21*(2), 107–118. https://doi.org/10.1024/1010-0652.21.2.107

Allinder, R. M. (1994). The relationship between efficacy and the instructional practices of special education teachers and consultants. *Teacher Education and Special Education*, *17*(2), 86–95. https://doi.org/10.1177/088840649401700203

Allinder, R. M. (1995). An examination of the relationship between teacher efficacy and curriculum-based measurement and student achievement. *Remedial and Special Education*, *16*(4), 247–254. http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/074193259501600408

Anderman, E. M., Sinatra, G. M., & Gray, D. L. (2012). The challenges of teaching and learning about science in the twenty-first century: Exploring the abilities and constraints of adolescent learners. *Studies in Science Education*, *48*(1), 89–117. https://doi.org/10.1080/03057267.2012.655038

Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education*, *13*(1), 43–61. https://doi.org/10.1023/A:1015181809961

Åstrom, M. (2008). *Defining integrated science education and putting it to test* [Doctoral dissertation, Linköping University]. Digitala Vetenskapliga Arkivet. https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A114056

Aurah, C. M., & McConnell, T. J. (2014). Comparative study on pre-service science teachers' self-efficacy beliefs of teaching in Kenya and the United States of America; USA. *American Journal of Educational Research*, *2*(4), 233–239. https://doi.org/10.12691/education-2-4-9

Bae, C. L., Hayes, K. N., & DeBusk-Lane, M. (2020). Profiles of middle school science teachers: Accounting for cognitive and motivational characteristics. *Journal of Research in Science Teaching*, *57*(6), 911–942. https://doi.org/10.1002/tea.21617

Bandura, A. (1995). Exercise of personal and collective efficacy in changing societies. In A. Bandura (Ed.), *Self-efficacy in changing societies* (pp. 1–45). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511527692.003

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control* (1st ed.). W.H. Freeman and Company.

Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents* (pp. 307–337). Information Age Publishing.

Barros, M. A., Laburú, C. E., & da Silva, F. R. (2010). An instrument for measuring self-efficacy beliefs of secondary school physics teachers. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, *2*(2), 3129–3133. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.476

Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Auflage, S. 29–53). Waxmann.

[44] In diesem Literaturverzeichnis werden die Quellen außerhalb des Manuskripts aufgeführt. Das Manuskript verfügt in Kapitel 6.4 über ein separates Literaturverzeichnis.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, *47*(1), 133–180. https://doi.org/10.3102/0002831209345157

Bautista, N. U. (2011). Investigating the use of vicarious and mastery experiences in influencing early childhood education majors' self-efficacy beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(4), 333–349. https://doi.org/10.1007/s10972-011-9232-5

Beywl, W. (2015). Begleitforschung, wissenschaftliche. In R. Diaz-Bone & C. Weischer (Hrsg.), *Methoden-Lexikon für die Sozialwissenschaften* (S. 37). Springer VS.

Bleicher, R. E. (2004). Revisiting the STEBI-B: Measuring self-efficacy in preservice elementary teachers. *School Science and Mathematics*, *104*(8), 383–391. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2004.tb18004.x

Blonder, R., Benny, N., & Jones, M. G. (2014). Teaching self-efficacy of science teachers. In R. Evans, J. Luft, C. Czerniak, & C. Pea (Eds.), *The role of science teachers' beliefs in international classrooms: From teacher actions to student learning* (1st ed., pp. 3–15). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-557-1_1

Bortz, J., & Döring, N. (2015). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler* (Limitierte Sonderausgabe, 4. Auflage). Springer.

Britner, S. L., & Pajares, F. (2006). Sources of science self-efficacy beliefs of middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(5), 485–499. https://doi.org/10.1002/tea.20131

Broggy, J., O'Reilly, J., & Erduran, S. (2017). Interdisciplinarity and science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (1st ed., pp. 81–90). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_6

Bröll, L., & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht: Eine Bestandsaufnahme in Baden-Württemberg. *MNU Journal*, *65*(3), 180–186.

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

Bursal, M. (2010). Turkish preservice elementary teachers' self-efficacy beliefs regarding mathematics and science teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *8*(4), 649–666. https://doi.org/10.1007/s10763-009-9179-6

Busch, M., & Woest, V. (2016). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Empirische Befunde zu Potenzial und Grenzen aus Lehrerperspektive. *MNU Journal*, *69*(4), 269–277.

Cakiroglu, J., Capa-Aydin, Y., & Hoy, A. W. (2012). Science teaching efficacy beliefs. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education: Part one* (1st ed., pp. 449–461). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_31

Caprara, G. V., Barbaranelli, C., Steca, P., & Malone, P. S. (2006). Teachers' self-efficacy beliefs as determinants of job satisfaction and students' academic achievement: A study at the school level. *Journal of School Psychology*, *44*(6), 473–490. https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.09.001

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski

(Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77–94). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Coladarci, T. (1992). Teachers' sense of efficacy and commitment to teaching. *Journal of Experimental Education*, *60*(4), 323–337. https://umaine.edu/edhd/wp-content/uploads/sites/54/2010/03/Coladarci-1992.pdf

Conway, J. M., & Huffcutt, A. I. (2003). A review and evaluation of exploratory factor analysis practices in organizational research. *Organizational Research Methods*, *6*(2), 147–168. https://doi.org/10.1177/1094428103251541

Cronbach, L. J., & Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, *52*(4), 281–302. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0040957

Czerniak, C. M., & Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education: Volume II* (1st ed., pp. 395–411). Taylor and Francis. https://doi.org/10.4324/9780203097267

de Laat, J., & Watters, J. J. (1995). Science teaching self-efficacy in a primary school: A case study. *Research in Science Education*, *25*(4), 453–464. https://doi.org/10.1007/BF02357387

Department for Education (Ed.). (2013). *Science programmes of study: Key stage 3: National curriculum in England*. Crown copyright. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/335174/SECONDARY_national_curriculum_-_Science_220714.pdf

Department for Education (Ed.). (2014). *Science programmes of study: Key stage 4: National curriculum in England*. Crown copyright. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/381380/Science_KS4_PoS_7_November_2014.pdf

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. (2003). Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht: Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungs-Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I). *MNU Journal*, *56*(5), I–XVI. https://www.mnu.de/images/PDF/fachbereiche/chemie/lernen_koennen.pdf

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept: Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instrumentes. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, *23*(4), 393–405. https://doi.org/10.1024//0170-1789.23.4.393

Diedenhofen, B., & Musch, J. (2015). Cocor: A comprehensive solution for the statistical comparison of correlations. *PLoS ONE*, *10*(4), Article e0121945. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121945

Dira Smolleck, L., Zembal-Saul, C., & Yoder, E. P. (2006). The development and validation of an instrument to measure preservice teachers' self-efficacy in regard to the teaching of science as inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, *17*(2), 137–163. https://doi.org/10.1007/s10972-006-9015-6

Dira-Smolleck, L. (2004). *The development and validation of an instrument to measure preservice teachers' self-efficacy in regard to the teaching of science as inquiry* [Doctoral dissertation, Pennsylvania State University]. Electronic Theses and Dissertations for Graduate School. https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/3676

Dörges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU Journal*, *54*(4), 230–232.

Duffin, L. C., French, B. F., & Patrick, H. (2012). The Teachers' Sense of Efficacy Scale: Confirming the factor structure with beginning pre-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, *28*(6), 827–834. https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.03.004

Eggert, S., Bögeholz, S., Oberle, M., Sauer, M., Schneider, S., & Surkamp, C. (2018). Herausforderung Interdisziplinäres Unterrichten in der Lehrerbildung: Das Göttinger Zertifikatsmodell. *Journal für LehrerInnenbildung*, *18*(3), 51–55.

Engelmann, P. (2019). *Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Lehrerfortbildung: Eine Didaktische Rekonstruktion* [Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena]. Digitale Bibliothek Thüringen. https://doi.org/10.22032/dbt.39053

Enochs, L. G., & Riggs, I. M. (1990, April 8–11). *Further development of an elementary science teaching efficacy belief instrument: A preservice elementary scale* [Paper presentation]. 63rd meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta, GA, United States. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED319601.pdf

Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. MIT Press.

Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, *4*(3), 272–299. https://doi.org/10.1037//1082-989X.4.3.272

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll* (4th ed.). SAGE.

Forsthuber, B., Horvath, A., Almeida Coutinho, A. S. d., Motiejūnaitė, A., & Baïdak, N. (2011). *Science education in Europe: National policies, practices and research*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency. https://doi.org/10.2797/7170

Fruböse, C., Illgen, J., Kohm, L., & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften: Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. *MNU Journal*, *64*(7), 433–439.

Geraedts, C., Boersma, K. T., & Eijkelhof, H. M. C. (2006). Towards coherent science and technology education. *Journal of Curriculum Studies*, *38*(3), 307–325. https://doi.org/10.1080/00220270500391589

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (1st ed., pp. 28–42). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315735665

Gibson, S., & Dembo, M. H. (1984). Teacher efficacy: A construct validation. *Journal of Educational Psychology*, *76*(4), 569–582. https://doi.org/10.1037/0022-0663.76.4.569

Golding, C. (2009). *Integrating the disciplines: Successful interdisciplinary subjects*. Centre for the Study of Higher Education. https://gened.psu.edu/sites/default/files/docs/LOA%20-%20InterdisciplinaryCourse_HowToGuide-Gooding.pdf

Graube, G., Mammes, I., & Tuncsoy, M. (2013). Natur und Technik in der gymnasialen Orientierungsstufe: Zur Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes. *MNU Journal*, *66*(3), 176–179.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College.

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), Article 145. https://doi.org/10.3390/educsci8030145

Gunning, A. M., & Mensah, F. M. (2011). Preservice elementary teachers' development of self-efficacy and confidence to teach science: A case study. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(2), 171–185. https://doi.org/10.1007/s10972-010-9198-8

Guskey, T. R. (1988). Teacher efficacy, self-concept, and attitudes toward the implementation of instructional innovation. *Teaching and Teacher Education*, *4*(1), 63–69. https://doi.org/10.1016/0742-051X(88)90025-X

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2019a). Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument: Drafting a theory-based measurement. *Education Sciences*, *9*(4), Article 247. https://doi.org/10.3390/educsci9040247

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2019b, 12. September). *Selbstwirksamkeitserwartungen zum Unterrichten von Naturwissenschaften: Messinstrumententwicklung und Einflussfaktoren* [Vortrag auf einer Tagung]. Internationale Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) und der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB im VBio), Wien, Österreich.

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020a). Arguments for construct validity of the Self-Efficacy Beliefs of Interdisciplinary Science Teaching (SElf-ST) instrument. *European Journal of Educational Research*, *9*(4), 1435–1453. https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1435

Handtke, K., & Bögeholz, S. (2020b). Self-rated content knowledge of biology, chemistry, and physics: Developing a measure and identifying challenges for interdisciplinary science teaching. *RISTAL*, *3*, 46–67. https://doi.org/10.23770/rt1832

Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (previous version of a submitted manuscript). Factors affecting self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching in secondary education.[45]

Hardy, G. (2014). Academic self-concept: Modeling and measuring for science. *Research in Science Education*, *44*(4), 549–579. https://doi.org/10.1007/s11165-013-9393-7

Hartig, J., Frey, A., & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Auflage, S. 143–171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_7

Henson, R. K., & Roberts, J. K. (2006). Use of exploratory factor analysis in published research: Common errors and some comment on improved practice. *Educational and Psychological Measurement*, *66*(3), 393–416. https://doi.org/10.1177/0013164405282485

Hinterholz, C. W., & Nitz, S. (2017, 11.–14. September). *Selbstwirksamkeitserwartungen von angehenden und ausgebildeten Biologielehrkräften: Pilotierung eines neu entwickelten Instruments* [Abstract Posterpräsentation]. 21. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio, Halle-Wittenberg, Deutschland. https://wcms.itz.uni-halle.de/download.php?down=46576&elem=3072620

Hoy, A. W., & Spero, R. B. (2005). Changes in teacher efficacy during the early years of teaching: A comparison of four measures. *Teaching and Teacher Education*, *21*(4), 343–356. https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.01.007

Hurley, M. M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives. *School Science and Mathematics*, *101*(5), 259–268. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2001.tb18028.x

[45] Dieses Manuskript ist eine Vorgängerversion von Handtke, K., Schroeder, S., & Bögeholz, S. (submitted). Factors influencing self-efficacy beliefs of interdisciplinary science teaching: The role of teaching experience, science subjects studied, and desire to teach science. Innerhalb dieser Dissertation bezieht sich der Verweis "(Handtke et al., submitted)" auf das in dieser Dissertation enthaltene Manuskript in Kapitel 6.4 (Vorgängerversion der aktuellen Einreichung).

Ingersoll, R. M. (2005). The problem of underqualified teachers: A sociological perspective. *Sociology of Education*, *78*(2), 175–178. http://www.jstor.com/stable/4148904

Jansen, M. (2015). *Akademische Selbstkonzepte in den naturwissenschaftlichen Fächern: Ausdifferenzierung, Geschlechtsunterschiede und Effekte dimensionaler Vergleiche* [Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin]. edoc-Server. https://doi.org/10.18452/17105

Jansen, M., Schroeders, U., Lüdtke, O., & Pant, H. A. (2014). Interdisziplinäre Beschulung und die Struktur des akademischen Selbstkonzepts in den naturwissenschaftlichen Fächern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *28*(1–2), 43–49. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000120

Joseph, J. (2010). Does intention matter? Assessing the science teaching efficacy beliefs of pre-service teachers as compared to the general student population. *Electronical Journal of Science Education*, *14*(1), 1–14. https://ejrsme.icrsme.com/article/view/7332/5620

Jürgensen, F., & Schieber, M. (2001). Zur Beliebtheit eines integrierten Fachs "Naturwissenschaften": Bericht aus der Praxis. *MNU Journal*, *54*(8), 489–491.

Kahraman, S., Yilmaz, Z. A., Bayrak, R., & Gunes, K. (2014). Investigation of pre-service science teachers' self-efficacy beliefs of science teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *136*, 501–505. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.364

Käpylä, M., Heikkinen, J.-P., & Asunta, T. (2009). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, *31*(10), 1395–1415. https://doi.org/10.1080/09500690802082168

Kazempour, M. (2013). The interrelationship of science experiences, beliefs, attitudes, and self-efficacy: A case study of a pre-service teacher with positive science attitude and high science teaching self-efficacy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *1*(3), 106–124. https://doi.org/10.30935/scimath/9391

Klassen, R. M., & Chiu, M. M. (2010). Effects on teachers' self-efficacy and job satisfaction: Teacher gender, years of experience, and job stress. *Journal of Educational Psychology*, *102*(3), 741–756. https://doi.org/10.1037/a0019237

Kleickmann, T., Tröbst, S., Heinze, A., Bernholt, A., Rink, R., & Kunter, M. (2018). Teacher knowledge experiment: Conditions of the development of pedagogical content knowledge. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn, & E. Klieme (Eds.), *Competence assessment in education: Research, models and instruments* (Softcover reprint of 1st ed. 2017, pp. 111–129). Springer International Publishing.

Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (1. Auflage). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0

Küster, J. M. (2014). Integrierter Naturwissenschaftlicher Unterricht: Stand der Diskussion und Desiderate aus heutiger Sicht. *MNU Journal*, *67*(2), 109–112.

Labudde, P. (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *2*(1), 48–66. http://phydid.de/index.php/phydid/article/download/8/8

Labudde, P. (2008). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Was? Warum? Wie? Trotz allem! In P. Labudde (Hrsg.), *Naturwissenschaften vernetzen, Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret* (1. Auflage, S. 7–18). Kallmeyer/Klett.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Mythen, Definitionen, Fakten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 11–19. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9

Labudde, P. (2017). Facettenreiche Naturwissenschaft: Perspektiven und Herausforderungen integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Unterricht Physik*, *28*(161), 2–7.

Lederman, N. G., & Niess, M. L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*, *97*(2), 57–58. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1997.tb17342.x

Leonhart, R. (2013). *Lehrbuch Statistik: Einstieg und Vertiefung* (3. Auflage). Hans Huber.

Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J., & Beltyukova, S. (2012). Beliefs about teaching science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education*, *34*(2), 153–166. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.551222

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (1st ed., pp. 95–132). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4

Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective. *Perspectives on Psychological Science*, *1*(2), 133–163. https://doi.org/10.1111%2Fj.1745-6916.2006.00010.x

Marsh, H. W., & Martin, A. J. (2011). Academic self-concept and academic achievement: Relations and causal ordering. *British Journal of Educational Psychology*, *81*(1), 59–77. https://doi.org/10.1348/000709910X503501

Mavrikaki, E., & Athanasiou, K. (2011). Development and application of an instrument to measure Greek primary education teachers' biology teaching self-efficacy beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *7*(3), 203–213. https://doi.org/10.12973/ejmste/75197

Meinhardt, C. (2018). *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern*. Logos. https://doi.org/10.30819/4712

Meinhardt, C., Rabe, T., & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 131–150. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0079-6

Menon, D., & Sadler, T. D. (2016). Preservice elementary teachers' science self-efficacy beliefs and science content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, *27*(6), 649–673. https://doi.org/10.1007/s10972-016-9479-y

Metzger, S. (2010). Die Naturwissenschaften fächerübergreifend vernetzen. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.–9. Schuljahr* (1. Auflage, S. 29–44). Haupt.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016a). *Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT): Bildungsplan des Gymnasiums*. Neckar-Verlag. http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_GYM_BNT.pdf

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016b). *Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT): Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I.* Neckar-Verlag. http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_SEK1_BNT.pdf

Möller, J., & Köller, O. (2004). Die Genese akademischer Selbstkonzepte: Effekte dimensionaler und sozialer Vergleiche. *Psychologische Rundschau*, *55*(1), 19–27. https://doi.org/10.1026/0033-3042.55.1.19

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Auflage, S. 7–26). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_2

Moosbrugger, H., & Schermelleh-Engel, K.. (2012). Exploratorische (EFA) und Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Auflage, S. 325–343). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_13

Nagle, B. (2013). Preparing high school students for the interdisciplinary nature of modern biology. *CBE–Life Sciences Education*, *12*(2), 144–147. https://doi.org/10.1187/cbe.13-03-0047

Neumann, K., Härtig, H., Harms, U., & Parchmann, I. (2017). Science teacher preparation in Germany. In J. E. Pedersen, T. Isozaki, & T. Hirano (Eds.), *Model science teacher preparation programs: An international comparison of what works* (pp. 29–52). Information Age Publishing.

Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2019). Probing the amalgam: The relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, *41*(7), 847–861. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217

Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.). (2015). *Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5–10: Naturwissenschaften*. Unidruck. https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=18

Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.). (2020). *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5–10: Naturwissenschaften*. Unidruck. https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=234

Oberle, M. (2012). *Politisches Wissen über die Europäische Union: Subjektive und objektive Politikkenntnisse von Jugendlichen* (1. Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94171-4

Palmer, D. H. (2006). Sources of self-efficacy in a science methods course for primary teacher education students. *Research in Science Education*, *36*(4), 337–353. https://doi.org/10.1007/s11165-005-9007-0

Palmer, D., Dixon, J., & Archer, J. (2015). Changes in science teaching self-efficacy among primary teacher education students. *Australian Journal of Teacher Education*, *40*(12). https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n12.3

Park, S. (2005). *A study of PCK of science teachers for gifted secondary students going through the National Board Certification process* [Doctoral Dissertation, University of Georgia]. University of Georgia Theses and Dissertations. https://getd.libs.uga.edu/pdfs/park_soonhye_200508_phd.pdf

Park, S. (2019). Reconciliation between the Refined Consensus Model of PCK and extant PCK models for advancing PCK research in science. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (1st ed., pp. 117–128). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_4

Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 922–941. https://doi.org/10.1002/tea.21022

Park, S., & Oliver, J. S. (2008a). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: The effects of the NBC process on candidate teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(7), 812–834. https://doi.org/10.1002/tea.20234

Park, S., & Oliver, J. S. (2008b). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261–284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Pruski, L. A., Blanco, S. L., Riggs, R. A., Grimes, K. K., Fordtran, C. W., Barbola, G. M., Cornell, J. E., & Lichtenstein, M. J. (2013). Construct validation of the Self-Efficacy Teaching and Knowledge Instrument for Science Teachers-Revised (SETAKIST-R): Lessons learned. *Journal of Science Teacher Education*, *24*(7), 1133–1156. https://doi.org/10.1007/s10972-013-9351-2

Rabe, T., Meinhardt, C., & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 293–315. https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18_Rabe.pdf

Ramey-Gassert, L., Shroyer, M. G., & Staver, J. R. (1996). A qualitative study of factors influencing science teaching self-efficacy of elementary level teachers. *Science Education*, *80*(3), 283–315. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199606)80:3%3C283::AID-SCE2%3E3.0.CO;2-A

Ramm, G., Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J., & Schiefele, U. (Hrsg.). (2006). *PISA 2003: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann.

Rehm, M., & Stäudel, L. (2017). Auf dem Weg zum integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht: Frühe Ansätze und aktuelle Entwicklungen. *Unterricht Physik*, *28*(161), 8–11.

Reinhold, P., & Bünder, W. (2001). Stichwort: Fächerübergreifender Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *4*(3), 333–357. https://doi.org/10.1007/s11618-001-0041-z

Retelsdorf, J., Bauer, J., Gebauer, S. K., Kauper, T., & Möller, J. (2014). Erfassung berufsbezogener Selbstkonzepte von angehenden Lehrkräften (ERBSE-L). *Diagnostica*, *60*(2), 98–110. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000108

Riggs, I. M., & Enochs, L. G. (1990). Toward the development of an elementary teacher's science teaching efficacy belief instrument. *Science Education*, *74*(6), 625–637. https://doi.org/10.1002/sce.3730740605

Ritter, J. M. (1999). *The development and validation of the Self-Efficacy Beliefs about Equitable Science Teaching and Learning Instrument for prospective elementary teachers* [Doctoral Dissertation, Pennsylvania State University]. Electronic Theses and Dissertations for Graduate School. https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/2881

Roberts, J. K., & Henson, R. K. (2000, November 17–19). *Self-Efficacy Teaching and Knowledge Instrument for Science Teachers (SETAKIST): A proposal for a new efficacy instrument* [Paper presentation]. 28th Meeting of the Mid-South Educational Research Association. Bowling Green, KY, United States. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448208.pdf

Ross, J. A. (1992). Teacher efficacy and the effects of coaching on student achievement. *Canadian Journal of Education*, *17*(1), 51–65. https://doi.org/10.2307/1495395

Ross, J. A. (1998). The antecedents and consequences of teacher efficacy. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on teaching: Expectations in the classroom* (Vol. 7, pp. 49–73). JAI Press.

Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N., & Miller, J. L. (2013). The influence of teachers' knowledge on student learning in middle school physical science classrooms. *American Educational Research Journal, 50*(5), 1020–1049. https://doi.org/10.3102/0002831213477680

Sandmann, A. (2014). Lautes Denken: Die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (1. Auflage, S. 179–188). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_15

Savran, A., & Çakiroğlu, J. (2001). Preservice biology teachers' perceived efficacy beliefs in teaching biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21*, 105–112. http://efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/1040-published.pdf

Schermelleh-Engel, K., & Werner, C. S. (2012). Methoden der Reliabilitätsbestimmung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Auflage, S. 119–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4_6

Schmiemann, P., & Lücken, M. (2014). Validität: Misst mein Test, was er soll? In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (1. Auflage, S. 107–118). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_9

Schmitz, G. S. (2000). *Zur Struktur und Dynamik der Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrern: Ein protektiver Faktor gegen Belastung und Burnout?* [Dissertation, Freie Universität Berlin]. Refubium – Repositorium der Freien Universität Berlin. http://dx.doi.org/10.17169/refubium-16406

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* (*Zeitschrift für Pädagogik*, Beiheft 44, S. 28–53). Beltz. https://doi.org/10.25656/01:3930

Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (Hrsg.). (2011). *Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften: Nationale Bildungsstandards: Frei gegeben von der EDK-Plenarversammlung am 16. Juni 2011*. https://edudoc.ch/record/96787?ln=de

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (Hrsg.). (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. Wolters Kluwer Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (Hrsg.). (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. Wolters Kluwer Deutschland. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (Hrsg.). (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. Wolters Kluwer Deutschland. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf

Settlage, J., Southerland, S. A., Smith, L. K., & Ceglie, R. (2009). Constructing a doubt-free teaching self: Self-efficacy, teacher identity, and science instruction within diverse settings. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(1), 102–125. https://doi.org/10.1002/tea.20268

Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, *46*(3), 407–441. https://doi.org/10.3102/00346543046003407

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* (1st ed., pp. 3–13). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315735665

Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2010). Teacher self-efficacy and teacher burnout: A study of relations. *Teaching and Teacher Education*, *26*(4), 1059–1069. https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.11.001

Smolleck, L. A., & Yoder, E. P. (2008). Further development and validation of the Teaching Science as Inquiry (TSI) instrument. *School Science and Mathematics*, *108*(7), 291–297. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2008.tb17842.x

Statistisches Bundesamt. (Hrsg.). (2019). *Bildung und Kultur: Studierende an Hochschulen: Wintersemester 2018/2019* (Fachserie 11 Reihe 4.1.). https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/studierende-hochschulen-endg-2110410197004.pdf;jsessionid=2668C17F0FB411994FB9829152E97351.internet8711?__blob=publicationFile

Statistisches Bundesamt. (Hrsg.). (2020). *Bildung und Kultur: Allgemeinbildende Schulen: Schuljahr 2018/2019* (Fachserie 11 Reihe 1). https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Schulen/Publikationen/Downloads-Schulen/allgemeinbildende-schulen-2110100197004.pdf?__blob=publicationFile

Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport. (Hrsg.) (2015a). *Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife: Mensch-Natur-Technik*. http://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/14011?dateiname=Lehrplan_MNT_Gy_24_02_2015.pdf

Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport. (Hrsg.) (2015b). *Lehrplan für den Erwerb des Haupt- und Realschulabschlusses: Mensch-Natur-Technik.* https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/16113?dateiname=Lehrplan_MNT_RS_24-02-2015.pdf

Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport. (Hrsg.) (2018). *Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife: Wahlpflichtfach: Naturwissenschaften und Technik.* https://www.schulportal-thueringen.de/tip/resources/medien/22300?dateiname=18_09_2018_LP_WPF_NWuT_GY_End_TSP.pdf

Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., & Hoy, W. K. (1998). Teacher efficacy: Its meaning and measure. *Review of Educational Research*, *68*(2), 202–248. https://doi.org/10.3102/00346543068002202

Uluçınar Sağır, Ş., Aslan, O., Bertiz, H., & Öner Armağan, F. (2016). Investigation of the relationship between pre-service science teachers' perceived self-efficacy in science teaching and disposition toward reflective thinking. *European Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(3), 331–344. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1107829.pdf

Velthuis, C., Fisser, P., & Pieters, J. (2014). Teacher training and pre-service primary teachers' self-efficacy for science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, *25*(4), 445–464. https://doi.org/10.1007/s10972-013-9363-y

Vidwans, M. (2016). *Exploring science teachers' self-efficacy perceptions to teach in Ontario's diverse classrooms: A mixed-methods investigation* (Publication No. 3893) [Doctoral Dissertation, University of Western Ontario]. Electronic Thesis and Dissertation Repository. https://ir.lib.uwo.ca/etd/3893

Walan, S., & Chang Rundgren, S.-N. (2014). Investigating preschool and primary school teachers' self-efficacy and needs in teaching science: A pilot study. *CEPS Journal*, *4*(1), 51–67. https://doi.org/10.25656/01:8879

Wallace, C. S. (2014). Overview of the role of teacher beliefs in science education. In R. Evans, J. Luft, C. Czerniak, & C. Pea (Eds.), *The role of science teachers' beliefs in international classrooms: From teacher actions to student learning* (1st ed., pp. 17–31). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-557-1_2

Watanabe, T., & Huntley, M. A. (1998). Connecting mathematics and science in undergraduate teacher education programs: Faculty voices from the Maryland Collaborative for Teacher Preparation. *School Science and Mathematics*, *98*(1), 19–25. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17288.x

Weinstein, C. S. (1988). Preservice teachers' expectations about the first year of teaching. *Teaching and Teacher Education*, *4*(1), 31–40. https://doi.org/10.1016/0742-051X(88)90022-4

Wheatley, K. F. (2002). The potential benefits of teacher efficacy doubts for educational reform. *Teaching and Teacher Education*, *18*(1), 5–22. https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00047-6

Yangin, S., & Sidekli, S. (2016). Self-Efficacy for Science Teaching Scale development: Construct validation with elementary school teachers. *Journal of Education and Training Studies*, *4*(10), 54–69. https://doi.org/10.11114/jets.v4i10.1694

Yilmaz, H., & Çavaş, P. H. (2008). The effect of the teaching practice on pre-service elementary teachers' science teaching efficacy and classroom management beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *4*(1), 45–54. https://doi.org/10.12973/ejmste/75305

Yilmaz-Tuzun, O. (2008). Preservice elementary teachers' beliefs about science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, *19*(2), 183–204. https://doi.org/10.1007/s10972-007-9084-1

Zee, M., & Koomen, H. M. Y. (2016). Teacher self-efficacy and its effects on classroom processes, student academic adjustment, and teacher well-being: A synthesis of 40 years of research. *Review of Educational Research*, *86*(4), 981–1015. https://doi.org/10.3102/0034654315626801

Zell, E., & Krizan, Z. (2014). Do people have insight into their abilities? A metasynthesis. *Perspectives on Psychological Science*, *9*(2), 111–125. https://doi.org/10.1177/1745691613518075

12 Lebenslauf

Name: Kevin Handtke

Ausbildung

Berufliche Erfahrung

September 2021