

Fachsprache im Biologieunterricht - Untersuchung der Überzeugungen von Biologielehrkräften

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Carolin Enzingmüller

Kiel, 2017

Erster Gutachter: Prof. Dr. Helmut Prechtl

Zweite Gutachterin: Prof. Dr. Ilka Parchmann

Tag der mündlichen Prüfung: 21.12.2017

Zum Druck genehmigt am: 21.12.2017

Zusammenfassung

Die Förderung von Kompetenzen im Bereich der fachbezogenen Kommunikation ist sowohl aus fachdidaktischer als auch aus bildungspolitischer Sicht ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zu den Kernfähigkeiten, die Lernende in diesem Bereich erwerben sollen, gehört der sachgerechte Umgang mit verbalen und nonverbalen Formen der Fachsprache wie Texten, Diagrammen oder Tabellen. Entsprechend wird von Seiten der Fachdidaktik gefordert, den Umgang mit diesen fachsprachlichen Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht explizit zu besprechen und zu üben. Aktuellen Modellen und Erkenntnissen der Unterrichtsfor- schung nach wird die Qualität von Unterrichtsplanung und -gestaltung wesentlich durch Aspekte der professionellen Kompetenz von Lehrkräften bestimmt. Bisher lie- gen jedoch wenige Studien vor, die entsprechende Kenntnisse, Fähigkeiten und Sicht- weisen von Lehrkräften im Bereich der fachbezogenen Kommunikation erforschen. In der vorliegenden Dissertation werden unterrichtsbezogene Überzeugungen als be- deutsamer Aspekt der professionellen Kompetenz von Lehrkräften untersucht. Die Arbeit hat zum Ziel, Überzeugungen von Biologielehrkräften im Bereich der Fachspra- che zu erfassen und zu charakterisieren.

In einer Interviewstudie wurden Überzeugungen von Biologielehrkräften im Bereich der Fachsprache explorativ untersucht. Die Studie lieferte erste Einblicke in die indi- viduellen Konzeptionen von Fachsprache und ihre wahrgenommene Bedeutung für das Lernen im Biologieunterricht. Hierbei zeigte sich, dass die Befragten unter Fach- sprache im Biologieunterricht vorrangig verbalsprachliche Aspekte wie das spezifi- sche biologische Fachvokabular verstanden und Fähigkeiten im Umgang mit Fachbe- griffen als zentrale Kompetenz im Bereich der fachbezogenen Kommunikation her- vorhoben.

In aktuellen fachdidaktischen Theorie- und Forschungsarbeiten sowie in Konzeptio- nen von Scientific Literacy wird Fachsprache hingegen als umfassendes Konzept ver- standen, das neben verbalen auch nonverbale Repräsentationen umfasst, die der Er- kenntnisgewinnung und Kommunikation in den Naturwissenschaften dienen. Vo- raussetzungen für einen angemessenen Umgang mit Fachsprache sind damit multiple fachsprachliche Kompetenzen, einschließlich der Interpretation und Konstruktion nonverbaler fachsprachlicher Repräsentationen. Vor dem Hintergrund dieser Kon- zeption von Fachsprache wurde in einer Fragebogenstudie auf Diagramme als non- verbale fachsprachliche Repräsentationen fokussiert. Die Studie zielte auf die Erfas- sung und Charakterisierung der Überzeugungen von Lehrkräften zum Umgang mit Diagrammen, genauer den in den Naturwissenschaften häufig verwendeten Achsen- diagrammen. Durch Adaption etablierter Instrumente wurden Skalen zur Erfassung

entsprechender Überzeugungen entwickelt, beispielsweise zur wahrgenommenen Notwendigkeit, das Lesen bzw. Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit zu üben sowie den Lernenden Strategien in diesen Bereichen zu vermitteln. Bei den befragten Lehrkräften zeigte sich, dass das explizite Üben des Umgangs mit Diagrammen, die Vermittlung von Strategien sowie die Vermittlung einer kritischen Lesehaltung im Durchschnitt als wichtige Aspekte des Biologieunterrichts wahrgenommen wurden. Vergleichsweise wenige Befragte sahen den konkreten Einsatz von Diagrammen im Unterricht als kompliziert an. Es deuteten sich Unterschiede in Abhängigkeit von Geschlecht, Unterrichtserfahrung, Fächerkombination und eigener Forschungserfahrung an.

In der Lehrerforschung gelten Überzeugungen als wichtige Determinante der Unterrichtsplanung und -gestaltung einer Lehrkraft, die sich über den Unterricht auf die Schülerinnen und Schüler auswirken kann. Entsprechend wurden darüber hinaus Zusammenhänge zwischen Überzeugungen, Unterrichtspraktiken und Schülervariablen untersucht. Mehrebenenanalysen lieferten starke Hinweise darauf, dass sich die Lehrerüberzeugung, dass der Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden sollte, über die Unterrichtsgestaltung auf die selbst eingeschätzten Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern bezüglich des Umgangs mit Diagrammen auswirkt. Die Befunde der Arbeit werden in Hinblick auf ihre Relevanz für zukünftige Forschung und die pädagogische Praxis diskutiert.

Abstract

There is a growing awareness in science education research and curriculum design that reading, writing and communicating in science are essential for the development of scientific literacy. Science discourse includes different verbal and nonverbal representations, therefore using and creating texts, graphs, tables and other representations are seen as core abilities in understanding scientific phenomena and methods. Socializing students into the discourse of science requires educators to teach students about scientific representations and their characteristics in science class. It is widely accepted and has been extensively validated by empirical research that teachers' knowledge, skills and perspectives play a decisive role in creating effective teaching and learning situations. Yet, only a few studies have investigated what teachers know and think about scientific language and representations in science class. The goal of this thesis is to investigate biology teachers' educational beliefs in this area.

In a qualitative-explorative study, biology teachers were interviewed to elucidate their understanding of scientific language. The teachers in this study characterized scientific language mainly in terms of verbal discourse and emphasized that learning the academic vocabulary is a key aspect in biology class.

In contemporary science education research as well as in conceptions of scientific literacy, the language of science is regarded as a mixture of different verbal and nonverbal representations that are essential for the inquiry process and for communicating the concepts of science. Therefore, the adequate use of scientific language is based on multiple representational competencies, including interpreting and constructing nonverbal representations. Because of their quintessential role in science and science instruction, a survey study focused on graphs as nonverbal scientific representations. The goal of the study was to assess and characterize teachers' beliefs regarding the interpretation and construction of graphs in biology class and to investigate how they might relate to classroom practices and student variables.

After adapting established instruments, biology teachers rated their beliefs, e.g. on the necessity to practice graph interpretation and construction explicitly in biology class and to teach students strategies for interpreting and constructing graphs. The surveyed teachers expressed overall positive beliefs. They tended to believe that graphing should be practiced explicitly in biology class and that students should be provided with strategies in this area. Only a few teachers perceived graph interpretation and construction in biology class as complicated to teach. There were significant differences in several teachers' beliefs with respect to gender, school subjects, teaching experience and own research experience.

Studies have shown that teachers' beliefs affect classroom practices and student outcomes. Therefore, the relationship between the assessed beliefs in the area of graph interpretation and construction and related teaching practices and student outcomes was explored. Multilevel analyses indicated that teachers' beliefs regarding graph interpretation and construction in biology class influence teaching practices and, in turn, students' self-efficacy in the area of graphing. Implications are drawn for teacher education and professional development as well as for further research.

Inhalt

Zusammenfassung	i
Abstract	iii
1 Einleitung	1
2 Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht	5
2.1 Fachsprache in den Naturwissenschaften.....	6
2.2 Bildungsziele in Bezug auf den Umgang mit Fachsprache	7
2.2.1 Bildungsziele im Kontext von Scientific Literacy.....	8
2.2.2 Bildungsziele in den Bildungsstandards.....	9
2.3 Konzepte und Befunde für den naturwissenschaftlichen Unterricht.....	11
2.3.1 Lehren und Lernen mit fachsprachlichen Repräsentationen.....	11
2.3.2 Diagramme als fachsprachliche Repräsentationen.....	13
3 Überzeugungen von Lehrkräften	23
3.1 Überzeugungen im Professionsansatz der Lehrerforschung.....	24
3.2 Konzepte und Befunde der Überzeugungsforschung.....	25
3.2.1 Struktur der Überzeugungen von Lehrkräften.....	25
3.2.2 Entstehung der Überzeugungen von Lehrkräften	28
3.2.3 Bedeutung für die Unterrichts- und Lernenebene.....	30
3.3 Verwandte Konstrukte.....	34
3.3.1 Vorstellungen	34
3.3.2 Subjektive Theorien	35
3.3.3 Einstellungen.....	36
3.4 Erfassung von Überzeugungen	36
4 Zielsetzung	41

5	Lehrerüberzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht.....	45
5.1	Einleitung	46
5.2	Theoretischer Hintergrund.....	47
5.2.1	Sprache und Lernen in den Naturwissenschaften	47
5.2.2	Überzeugungen von Lehrkräften	48
5.3	Zielsetzung und Fragestellung.....	49
5.4	Methodik.....	49
5.4.1	Forschungsmethode der gesamten Studie.....	49
5.4.2	Methodik der Interviewstudie.....	50
5.5	Erste Ergebnisse	51
5.6	Diskussion und Ausblick.....	53
6	Diagramme als Lern- und Lehrmittel im Fach Biologie.....	57
6.1	Zusammenfassung.....	58
6.2	Diagramme in Naturwissenschaft und Schule	58
6.3	Anforderungen beim Umgang mit Achsendiagrammen	59
6.4	Förderung von Diagrammkompetenz im Biologieunterricht	60
7	Lehrerüberzeugungen zum Lesen von Diagrammen	63
7.1	Einleitung	64
7.2	Theoretischer Hintergrund.....	65
7.2.1	Lesen von Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht	65
7.2.2	Überzeugungen als Aspekt der Lehrerkompetenz	66
7.3	Fragestellung	68
7.4	Methode.....	68
7.4.1	Stichprobe	68
7.4.2	Instrument.....	68
7.4.3	Datenanalyse.....	70
7.5	Ergebnisse	70
7.5.1	Überzeugungen der Lehrkräfte zum Lesen von Diagrammen.....	70
7.5.2	Zusammenhänge mit personenbezogenen Merkmalen	71
7.6	Zusammenfassung und Diskussion.....	73
8	Constructing Graphs in Biology Class: Secondary Biology Teachers' Beliefs, Motivation and Self-Reported Practices.....	77
8.1	Abstract.....	78
8.2	Introduction.....	78
8.3	Theoretical Background.....	79
8.3.1	Learning from and with Graphs in Biology	79
8.3.2	Teachers' Beliefs and Motivation.....	82
8.4	Purpose	84

8.5	Methods.....	84
8.5.1	Measures	84
8.5.2	Participants.....	86
8.5.3	Data Collection.....	86
8.5.4	Data Analysis.....	86
8.6	Results.....	86
8.7	Discussion and Implications	89
8.8	Limitations and Future Research.....	92
9	Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht - Zusammenhänge zwischen Lehrer-, Unterrichts- und Schülerebene.....	95
9.1	Einleitung.....	96
9.2	Fragestellung.....	97
9.3	Methode	97
9.3.1	Stichprobe.....	97
9.3.2	Datenerhebung	98
9.3.3	Datenanalyse	99
9.4	Ergebnisse.....	105
9.4.1	Deskriptive Kennwerte und Varianz zwischen den Klassen.....	105
9.4.2	Ergebnisse der Mehrebenen-Regressionsanalyse	106
9.5	Zusammenfassung und Diskussion	109
9.6	Grenzen der Untersuchung.....	112
10	Diskussion und Ausblick.....	117
10.1	Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse.....	117
10.2	Methodische Limitationen	122
10.3	Ansatzpunkte für zukünftige Forschung.....	125
10.4	Implikationen für die pädagogische Praxis	127
	Literaturverzeichnis.....	131
	Abbildungsverzeichnis	157
	Tabellenverzeichnis.....	159
	Anhang.....	163
A.1	Erhebungsinstrumente	164
A.1.1	Interviewleitfaden.....	164
A.1.2	Skalen.....	166
A.2	Ergänzende Ergebnisse.....	182

Kapitel 1

Einleitung

Naturwissenschaftliche Konzepte werden mithilfe von fachspezifischen verbalen und nonverbalen Repräsentationen kommuniziert (Lemke, 1998). Diesen Formen der Fachsprache kommt eine entscheidende Bedeutung in naturwissenschaftlichen Erkenntnis- und Kommunikationsprozessen zu (Kozma & Russell, 1997; Roth, Bowen, & McGinn, 1999; Zacks, Levy, Tversky, & Schiano, 2002): Als Denk- und Analysewerkzeuge kommen sie unter anderem beim Reflektieren von Theorien oder beim Interpretieren von Ergebnissen zum Einsatz, beispielsweise wenn abstrakte Messzusammenhänge mithilfe von graphischen Repräsentationen visuell zugänglich werden. Als Kommunikationsmittel dienen sie unter anderem der kompakten und anschaulichen Präsentation von Messdaten, unter anderem in Vorträgen oder Forschungsartikeln.

Dem hohen Stellenwert von Formen der Fachsprache für die naturwissenschaftliche Forschungs- und Diskursgemeinschaft entsprechend gelten rezeptive und produktive fachsprachliche Kompetenzen im Schulkontext als Voraussetzung, um in den naturwissenschaftlichen Fächern Informationen sach- und fachbezogen austauschen zu können (KMK, 2005a, 2005b, 2005c). Ihre Förderung wird in aktuellen fachdidaktischen Konzeptionen naturwissenschaftlichen Lernens daher als wichtiges Bildungsziel gesehen (Norris & Phillips, 2003; Tang & Moje, 2010; Yore, Pimm, & Tuan, 2007). Mit diesem Bildungsauftrag rückt zunehmend auch der adäquate Umgang mit Formen der Fachsprache im Unterricht in den Fokus der fachdidaktischen Forschung (Nitz, Ainsworth, Nerdel, & Prechtel, 2014; Nitz, 2016; Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2015;

Treagust & Tsui, 2013; Ziepprecht, Schwanewedel, & Mayer, 2015). Bisher liegen jedoch wenige Studien vor, die sich mit den hierfür bedeutsamen Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte beschäftigen. Erkenntnisse dieser Art können unter anderem dazu dienen, Unterschiede in Art und Häufigkeit des Einsatzes fachsprachlicher Elemente im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erklären. Darüber hinaus können sie wichtige Anhaltspunkte dazu liefern, wie man Lehrkräfte in diesem Bereich zielgerichtet unterstützen kann. In der vorliegenden Dissertation werden die unterrichtsbezogenen Überzeugungen als Aspekt der professionellen Kompetenz von Lehrkräften untersucht. Die Arbeit hat zum Ziel, Überzeugungen von Biologielehrkräften im Bereich der Fachsprache zu erfassen und zu charakterisieren.

Im Folgenden werden zunächst die hierfür wesentlichen theoretischen Bezugsfelder beleuchtet: Erstens werden theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Bereich der Fachsprache und speziell der Diagramme als fachsprachliche Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht beschrieben (Kapitel 2). Zweitens wird das Konstrukt der Überzeugungen als Aspekt der professionellen Kompetenz von Lehrkräften ausgeführt (Kapitel 3). Auf dieser Basis wird die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit dargelegt (Kapitel 4). Es folgen fünf, teilweise publizierte Einzelbeiträge (Kapitel 5 bis 9), in denen Hintergrund und Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen beschrieben werden. Diese werden abschließend zusammenfassend eingeordnet, diskutiert und in Hinblick auf ihre Relevanz für künftige Forschung und die pädagogische Praxis betrachtet (Kapitel 10).

Kapitel 2

Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht

Naturwissenschaftliche Fachsprachen zeichnen sich durch disziplintypische sprachliche Muster und Darstellungen aus und unterscheiden sich teilweise erheblich von der Alltagssprache (Gooding, 2004; Göpferich, 2008; Latour, 1990; Lemke, 1990, Lemke, 2004; Roth & McGinn, 1998). Die Integration fachsprachlicher Elemente in den naturwissenschaftlichen Unterricht stellt daher vielfältige Anforderungen an Lehrende und Lernende (Nitz, 2016; Prechtel, 2014). Erkenntnisse über Voraussetzungen und Bedingungen der Vermittlung und des Erwerbs eines sachgerechten Umgangs mit Formen der Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht bilden einen wesentlichen theoretischen Pfeiler der vorliegenden Arbeit und werden im Folgenden strukturiert beleuchtet.¹ Als Grundlage dient eine Beschreibung wesentlicher Merkmale und Funktionen von Fachsprache in den Naturwissenschaften (Kapitel 2.1). Vor diesem Hintergrund werden schulische Bildungsziele in Bezug auf den Umgang mit Fachsprache erläutert (Kapitel 2.2) sowie Konzepte und Befunde zum Umgang mit

¹ Zwar ist die vorliegende Arbeit im Fach Biologie verortet, der Umgang mit Formen der Fachsprache wird jedoch, vor allem in der internationalen Forschungsliteratur, als übergreifender Aspekt des naturwissenschaftlichen Unterrichts konzipiert und beforscht. Demgemäß werden im theoretischen Teil der Arbeit auch Konzepte und Befunde der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung herangezogen, die sich auf den Biologieunterricht anwenden lassen.

Formen der Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht berichtet und eingeordnet (Kapitel 2.3). Dabei wird auf das Lehren und Lernen mit fachsprachlichen Repräsentationen und speziell mit Diagrammen eingegangen.

2.1 Fachsprache in den Naturwissenschaften

In der Linguistik werden Fachsprachen als Sprachvarietäten definiert, die der Erkenntnis und begrifflichen Bestimmung fachspezifischer Gegenstände und der Verständigung über sie dienen (vgl. Möhn & Pelka, 1984, S. 26). Der Gebrauch von Fachsprache ist in der Regel an eine spezifische Gruppe von Benutzern in einem fachlich begrenzten Kommunikationsbereich gebunden und trägt dort fachbezogenen Kommunikationsbedürfnissen Rechnung (vgl. Hoffmann, 1987, S. 53). Im Vordergrund steht die Effizienz fachlicher Verständigung und mit ihr funktionale Anforderungen wie Deutlichkeit, Verständlichkeit, Ökonomie, Anonymität sowie Identitätsstiftung (für Details vgl. Roelcke, 1999, S. 28). Die soziokulturell fundierte funktionelle Ausrichtung der Fachsprachen geht mit einer Standardisierung und Normierung des Ausdrucks einher, die in linguistischen Merkmalen der Systemebenen *Lexik*, *Syntax* und *Text* ihre formalen Entsprechungen findet (Hoffmann, 1987; Möhn & Pelka, 1984; Roelcke, 1999). Neben einem spezifischen Fachvokabular weisen fachsprachliche Texte einen ausgeprägten Nominalstil sowie eine Häufung von Passiv, Reflexiv- und Infinitivkonstruktionen auf (Buhlmann, 1985; Göpferich, 2008).

Zusätzlich zu den bisher erwähnten Charakteristika von Fachsprache wird im Falle der naturwissenschaftlichen Fachkommunikation auf den hohen Stellenwert von Abbildungen, Skizzen, Diagrammen, Tabellen, Gleichungen und Formeln hingewiesen (Gooding, 2004; Göpferich, 2008; Latour, 1990; Lemke, 1990, 2004; Roth & McGinn, 1998). Lemke (1998, S. 87) betont in diesem Zusammenhang:

„Science is not done, is not communicated, through verbal language alone. It *cannot* be. The ‚concepts‘ of science are not solely verbal concepts, though they have verbal components. They are semiotic *hybrids*, simultaneously and essentially verbal, mathematical, visual-graphical, and actional-operational. The actional, conversational, and written textual genres of science are historically and presently, fundamentally and irreducibly multimedia genres. To do science, to talk science, to read and write science it is necessary to juggle and combine in various canonical ways verbal discourse, mathematical expression, graphical-visual representation, and motor operations [...].“

Bei der Untersuchung dieser verschiedenen Darstellungen wird häufig auf den kognitionspsychologisch geprägten Begriff der Repräsentationen (*representations*) zurückgegriffen (Ainsworth, 1999, 2006; Klöpfel, Schwanewedel, & Mayer, 2013; Kozma, Chin, Russell, & Marx, 2000; Nitz et al., 2014; Stieff, Hegarty, & Deslongchamps, 2011; Treagust & Tsui, 2013; Waldrip & Prain, 2012). Der Begriff kann sich auf materiell vorhandene Darstellungen (*externe Repräsentationen*) sowie auf mentale Strukturen, die

eine Person beim Verstehen von externen Repräsentationen konstruiert (*interne Repräsentationen*), beziehen (Kürschner & Schnotz, 2007; Schnotz & Kürschner, 2008). Externe Repräsentationen, die in der naturwissenschaftlichen Forschungs- und Kommunikationspraxis bzw. dem naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden, werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit als fachsprachliche Repräsentationen bezeichnet.²

Empirische Evidenz für die vielfältigen Funktionen, die unterschiedliche fachsprachliche Repräsentationen in den Naturwissenschaften erfüllen, liefert unter anderem die Expertiseforschung von Kozma et al. (Kozma, 2003; Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997). Die Forschergruppe untersuchte in Laborsettings, wie erfahrene Chemiker fachsprachliche Repräsentationen in ihrem Denk- und Arbeitsprozess einsetzen. Es zeigte sich, dass diese unter anderem dazu genutzt werden, Beobachtungen zu verstehen, sich Untersuchungsergebnisse zu erklären, Theorien zu reflektieren, Hypothesen aufzustellen und zu hinterfragen, Ergebnisse zu interpretieren sowie Schlussfolgerungen zu ziehen (Kozma, 2003; Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997).

Die Autoren führen die Praktiken der erfahrenen Wissenschaftler auf ein „set of representational skills or competencies that are central to their understanding of chemistry and the conduct of their work“ zurück, das sie als *representational competence* bezeichnen (Kozma et al., 2000, S. 136). Hierzu zählen unter anderem die Fähigkeiten, Repräsentationen zur Beschreibung chemischer Phänomene zu nutzen, Repräsentationen zu erstellen und deren Angemessenheit und Zweckmäßigkeit zu begründen, Repräsentationen zu analysieren, Verbindungen zwischen verschiedenen Repräsentationen herzustellen, sie ineinander zu überführen und sie als Evidenz zu nutzen (vgl. Kozma & Russell, 2005, S. 132).

2.2 Bildungsziele in Bezug auf den Umgang mit Fachsprache

Inwiefern sich der hohe Stellenwert der Fachsprache für die naturwissenschaftliche Forschungs- und Diskursgemeinschaft in schulischen Bildungszielen widerspiegelt,

² Um fachsprachliche Repräsentationen wie Diagramme, Tabellen, Gleichungen und Formeln als materiell vorhandenes Resultat des naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsprozesses zu akzentuieren, werden sie in einigen englischsprachigen Studien als „inscriptions“ bezeichnet (Bowen & Roth, 2002; Roth & McGinn, 1998; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010). Inscriptions als „signs that are embodied in some medium, such as paper or computer monitors“ (Roth & McGinn, 1998, S. 37) sind sozial ausgehandelte, öffentliche Darstellungen, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften eine wesentliche Rolle im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess spielen (für Details siehe Roth & McGinn, 1998; Latour, 1987).

soll im Folgenden anhand von Konzeptionen von Scientific Literacy sowie anhand nationaler curricularer Vorgaben in den naturwissenschaftlichen Fächern herausgearbeitet werden.

2.2.1 Bildungsziele im Kontext von Scientific Literacy

Scientific Literacy ist ein multidimensionales Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts und richtet sich auf Kompetenzen, die für eine verständige, verantwortungsvolle und aktive Teilnahme am gesellschaftlichen Leben – einschließlich dem Diskurs und der Meinungsbildung über naturwissenschaftliche Themen – erforderlich sind (DeBoer, 2000; Fischer, 1998; Gräber, Nentwig, Koballa, & Evans, 2002; National Research Council, 1996).³ Zur konkreten Ausgestaltung von Scientific Literacy liegen unterschiedliche Ansätze vor.

Norris und Phillips (2003) geben einen Überblick über verschiedene Konzeptionen von Scientific Literacy und merken kritisch an, dass dem „derived sense“ von Scientific Literacy – d. h. Aspekten des naturwissenschaftlichen Lernens wie dem Wissenserwerb oder dem Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen – ein zu hoher Stellenwert zugesprochen wird. Sie argumentieren, dass dem konzeptuellen und prozeduralen Wissenserwerb im naturwissenschaftlichen Unterricht fachunabhängige sprachbezogene Fähigkeiten zugrunde liegen, die sie unter dem Begriff „fundamental sense“ von Scientific Literacy zusammenfassen (Norris & Phillips, 2003). Hierzu zählt im Kern die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Texte, einschließlich enthaltenen nonverbaler Repräsentationen, lesen zu können (Norris & Phillips, 2003). Das Lesen wird dabei als iterativer, interaktiver und kriterienbasierter Prozess verstanden, bei dem der Leser Bedeutungen mit Rückgriff auf sein Vorwissen aktiv und kritisch konstruiert (vgl. Norris & Phillips, 2003, S. 229). Ohne Scientific Literacy im „fundamental sense“ kann nach Auffassung der Autoren nur ein eingeschränktes Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte und Prinzipien erreicht werden (Norris & Phillips, 2003). Daher verstehen sie die Förderung entsprechender Fähigkeiten als zentrales Bildungsziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Diese Konzeption von Scientific Literacy, in der sprachbezogene Fähigkeiten als Fundament für den Wissenserwerb im naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen werden, wurde in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung weiter aufgegriffen. So übernehmen Yore et al. (2007) etwa den Gedanken einer grundlegenden Scientific Literacy, erweitern den vornehmlich auf Lesefähigkeiten gesetzten Fokus jedoch um weitere „cognitive, thinking/reasoning, linguistic, and technical abilities“ (Yore et al.,

³ In nationalen Theorie- und Forschungsarbeiten, u. a. bei der PISA-Studie, findet sich in diesem Zusammenhang der Begriff der *naturwissenschaftlichen Grundbildung*, der eng an das Konzept der Scientific Literacy angelehnt ist (Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001; Rönnebeck, Schöps, Prenzel, Mildner & Hochweber, 2010).

2007, S. 572). Neben kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten, kritischem und logischem Denken, naturwissenschaftsbezogenen Überzeugungen und Einstellungen sowie dem angemessenen Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien seien Fähigkeiten im Umgang mit der naturwissenschaftlichen Fachsprache notwendig, um naturwissenschaftliche Konzepte und Zusammenhänge angemessen zu verstehen (vgl. Yore et al., 2007, S. 568). Hierzu gehören unter anderem Fähigkeiten zur Interpretation und Konstruktion verschiedener Repräsentationen wie Modelle, Texte, Schemazeichnungen, Tabellen und Diagramme (vgl. Yore et al., 2007, S. 573).

Auch Tang und Moje (2010) betonen in ihrer Auffassung von Scientific Literacy die Bedeutung sprachbezogener Fähigkeiten beim naturwissenschaftlichen Lernen: „From our perspective, we see science literacy, and disciplinary literacy in general, as the cultural practices that encompass specific ways of talking, writing, viewing, drawing, graphing, and acting, within a specialized discourse community“ (S. 83). Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Diskurs werden zum einen – wie schon bei Yore et al. (2007) – alle Repräsentationen einbezogen, die zur Verständigung in den Naturwissenschaften genutzt werden (d. h. auch jene, die nicht an das Medium Text gebunden sind). Zum anderen wird explizit betont, dass sich naturwissenschaftliche Fachsprache wesentlich von der Alltagssprache der Schülerinnen und Schüler unterscheidet. Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sei daher weniger die Vermittlung grundlegender, domänenunspezifischer Lesefähigkeiten, sondern – in Einklang mit den Empfehlungen aus der Expertiseforschung von Kozma et al. (vgl. Kapitel 2.1) – „that students need to learn the specific literacy practices of integrating the multimodal elements of representations according to scientific conventions in order to construct the canonical meaning of accepted scientific concepts“ (Tang & Moje, 2010, S. 83).

Die Förderung fachsprachlicher Kompetenzen hat demnach in Konzeptionen von Scientific Literacy Eingang gefunden. Entsprechende Ansätze zielen auf die Förderung einer unterrichtlichen Kommunikationskultur, die die Besonderheiten des naturwissenschaftlichen Diskurses – einschließlich verbaler und nonverbaler Repräsentationen – widerspiegelt und explizit reflektiert und in der entsprechende kommunikative und diskursive Fähigkeiten gefördert werden.

2.2.2 Bildungsziele in den Bildungsstandards

Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern weisen im Bereich der Kommunikation einen eigenen Kompetenzbereich aus, in dessen Mittelpunkt das sach- und fachbezogene Erschließen und Austauschen von Informationen steht (KMK, 2005a, 2005b, 2005c). In den Bildungsstan-

dards des Faches Biologie werden Formen der Kommunikation als Mittel im Lernprozess und zugleich als „Lerngegenstand“ des Biologieunterrichts verstanden (KMK, 2005a, S. 11). Das Fach Biologie leiste einen

„Beitrag zum Ausbau der Sprachkompetenz, vor allem der fachlich basierten Lese- und Mitteilungskompetenz der Lernenden. Die Lernenden tragen ihre individuellen Alltagsvorstellungen in den Fachunterricht hinein und umgekehrt fachliche Konzepte und Fachsprache in die Alltagssprache zurück. Dadurch erreichen Schülerinnen und Schüler eine Diskursfähigkeit über Themen der Biologie, einschließlich solcher, die von besonderer Gesellschafts- und Alltagsrelevanz sind.“ (KMK, 2005a, S. 11)

Dabei wird explizit darauf verwiesen, dass zum Kommunizieren im Fach Biologie „vielfältige Texte und andere Informationsträger (...), wie etwa Bilder, Grafiken, Tabellen, fachliche Symbole, Formeln, Gleichungen und Graphen“ (KMK, 2005a, S. 11) verwendet werden. Schülerinnen und Schüler sollen dementsprechend in der Lage sein, den Informationsgehalt verschiedener Repräsentationen zu erfassen, sie aufeinander zu beziehen und sich zu ihnen zu äußern (vgl. KMK, 2005a, S. 11). Diese Fähigkeiten werden im Weiteren als „wesentlicher Bestandteil einer erweiterten Lese- bzw. Verstehenskompetenz“ (KMK, 2005a, S. 11) bezeichnet. Ähnliches findet sich in den 2016 verabschiedeten Fachanforderungen für das Fach Biologie (MSB, 2016). Dort wird das „Vermitteln naturwissenschaftlicher Repräsentationsformen (unter anderem Fachtexte, Bilder, Diagramme) und das Einüben ihrer Anwendung als Grundlage für die Kommunikation biologischer Sachverhalte“ bezeichnet (MSB, 2016, S. 13) und zur didaktischen Leitlinie im Kompetenzbereich Kommunikation erhoben.

In den Einzelstandards des Kompetenzbereichs Kommunikation werden entsprechende Kompetenzerwartungen weiter aufgeschlüsselt. So sollen Schülerinnen und Schüler etwa in der Lage sein, „Daten messbarer Größen zu Systemen, Struktur und Funktion sowie Entwicklung angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder bildlichen Gestaltungsmitteln“ zu veranschaulichen, „den Bedeutungsgehalt von fachsprachlichen bzw. alltagssprachlichen Texten und von Bildern in strukturierter sprachlicher Darstellung“ zu beschreiben und zu erklären sowie „idealtypische Darstellungen, Schemazeichnungen, Diagramme und Symbolsprache auf komplexe Sachverhalte“ anzuwenden (KMK, 2005a, S. 15).

Auch in den Standards der beiden anderen naturwissenschaftlichen Fächer Chemie und Physik finden sich Aussagen, die sich auf die Förderung multipler fachsprachlicher Kompetenzen im Sinne eines umfassenden Begriffs von Fachsprache beziehen, wenn auch weniger ausführlich. Im Fach Chemie wird beispielsweise neben dem Übersetzen von Alltagssprache in Fachsprache und umgekehrt auch die Darstellung von Informationen in verbaler, symbolischer und mathematischer Form als Zielkompetenz angeführt (KMK, 2005b, S. 10). Im Fach Physik wird das angemessene Verstehen von Fachtexten, Graphiken und Tabellen erwähnt (KMK, 2005c, S. 10).

In der Summe lässt sich feststellen, dass den curricularen Vorgaben in den naturwissenschaftlichen Fächern und insbesondere im Fach Biologie ein umfassender Begriff von fachsprachlichen Kompetenzen zugrunde liegt, der den adressaten- und fachgerechten Umgang mit verbalen und nonverbalen Repräsentationen als Elemente der Fachsprache einschließt. Dies deckt sich mit denjenigen Konzeptionen von Scientific Literacy, die der Förderung eines angemessenen Umgangs mit Fachsprache, einschließlich verbaler und nonverbaler Repräsentationen, eine wesentliche Bedeutung für das Lernen in den Naturwissenschaften zusprechen (vgl. Kapitel 2.2.1).

2.3 Konzepte und Befunde für den naturwissenschaftlichen Unterricht

In der (deutschsprachigen) fachdidaktischen Literatur existieren unterschiedliche Auffassungen zum Konzept der Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht.⁴ Während – wie auch in linguistischen Arbeiten – traditionell lexikologisch-terminologisch ausgerichtete Auffassungen von Fachsprache verbreitet waren, berücksichtigen neuere Forschungsarbeiten stärker die Text- bzw. Diskursebene der fachlichen Kommunikation (Fluck, 1992). Dies resultiert in Konzeptionen von Fachsprache, die über verbalsprachliche Aspekte wie Lexik oder auch Syntax hinausgehen und daher auch als „erweitert“, „umfassend“ oder „holistisch“ bezeichnet werden (vgl. z. B. Nitz, 2012; Prechtel, 2014). Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht schließt Nitz etwa in ihrer Definition von Fachsprache „alle Repräsentationen ein, die genutzt werden, um über fachliche Inhalte zu kommunizieren“ (vgl. Nitz, 2012, S. 6). Dieser Konzeption von Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht wird sich in der vorliegenden Arbeit angeschlossen. Relevante Konzepte und empirische Befunde im Bereich der Fachdidaktik werden im Folgenden näher betrachtet.

2.3.1 Lehren und Lernen mit fachsprachlichen Repräsentationen

Forschungsarbeiten, die Voraussetzungen und Bedingungen des Erwerbs und der Vermittlung eines sachgerechten Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen

⁴ Häufig werden bei der Beschreibung von Sprachregistern im Unterricht die Begriffe Fachsprache, Alltagssprache und Unterrichtssprache verwendet, wobei die Unterrichtssprache als vermittelnde Instanz zwischen einer schülernahen Alltagssprache und einer expertennahen Fachsprache konzipiert wird (Leisen, 2011; Rincke, 2010b). Vor allem im Kontext der durchgängigen Sprachbildung und im Bereich Deutsch als Zweitsprache findet sich auch der Terminus *Bildungssprache* (Ahrenholz, 2010; Gogolin & Lange, 2011; Röhner & Hövelbrinks, 2013). Einer Definition aus dem Modellprogramm „Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund“ (FörMig) nach bezeichnet Bildungssprache ein Sprachregister, mit dessen Hilfe man sich mit den Mitteln der Schulbildung ein Orientierungswissen verschaffen kann (vgl. Gogolin & Lange, 2011, S. 108). Im Gegensatz zu Fachsprache ist Bildungssprache laut Ahrenholz (2010) nicht an ein bestimmtes Fach gebunden, enthält also sprachliche Mittel, die fächerübergreifend gefordert werden, beispielsweise in Form von Diskursfunktionen wie Benennen, Beschreiben und Erklären.

im naturwissenschaftlichen Unterricht in den Blick nehmen, sind vielgestaltig, sowohl bezüglich der Begrifflichkeiten als auch der Forschungsansätze.

So liegen etwa verschiedene Taxonomien zur Einteilung fachsprachlicher Repräsentationen vor (Gilbert, 2005; Johnstone, 1993; Leisen, 2005; Lemke, 1998; Prain & Waldrip, 2006; Wu & Puntambekar, 2012). Leisen unterscheidet für den naturwissenschaftlichen Unterricht beispielsweise fünf Formen fachsprachlicher Repräsentationen: (1) *mathematisch*, z. B. mathematische Gleichungen, (2) *symbolisch*, z. B. chemische Formelsprache, (3) *verbal*, z. B. geschriebener Text, (4) *bildlich*, z. B. Schemazeichnungen, Diagramme, Tabellen und (5) *gegenständlich*, z. B. Modelle, manipulierbare Objekte (vgl. Abbildung 1).

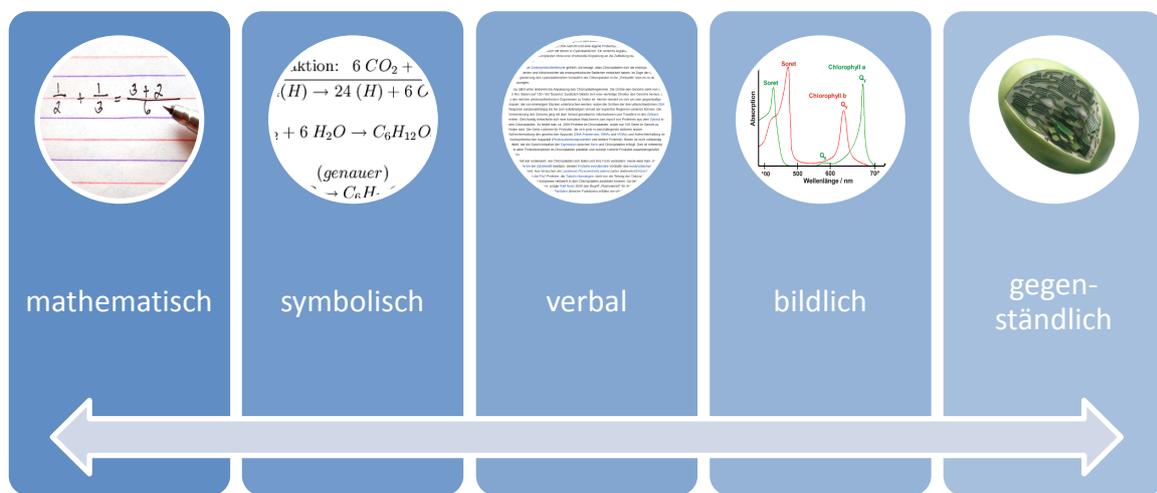


Abbildung 1. Repräsentationsformen im naturwissenschaftlichen Unterricht nach Leisen (2005)

In anderen Typologien werden Repräsentationsformen teilweise zusammengefasst, unterscheiden sich aber nicht grundlegend in ihrer Einteilung. Wu und Puntambekar (2012) etwa vereinen mathematische und symbolische Repräsentationen und sprechen in ihrem Literaturüberblick von vier Formen fachsprachlicher Repräsentationen: (1) *symbolisch-mathematisch*, z. B. Gleichungen, Formeln, (2) *verbal-textlich*, z. B. mündliche Äußerungen, geschriebener Text, (3) *visuell-graphisch*, z. B. Animationen, Simulationen, Schemazeichnungen, Diagramme, Tabellen und (4) *handlungsbezogen-gegenständlich*, z. B. Gesten, Modelle, manipulierbare Objekte. Für empirische Untersuchungen werden diese Grobeinteilungen häufig weiter ausdifferenziert (vgl. beispielsweise für bildliche Repräsentationen: de Vries & Ashraf, 2014, für symbolische Repräsentationen: Taskin, Bernholt, & Parchmann, 2015).

Studien, die den gemeinsamen Einsatz mehrerer Repräsentationsformen und dessen Auswirkungen auf Lernprozesse untersuchen, finden sich häufig unter den Schlagwörtern *multiple (externe) Repräsentationen* oder *multimodale Repräsentationen*. Die

Begrifflichkeiten sind nicht trennscharf zu verstehen.⁵ Bei Lernumgebungen mit multiplen Repräsentationen liegen mehrere (nicht weiter spezifizierte) Repräsentationen in Kombination vor (Seufert, 2003). Bei Lernumgebungen mit multimodalen Repräsentationen werden Repräsentationen kombiniert, die unterschiedliche Sinnesmodalitäten ansprechen, z. B. visuell und auditiv (Weidenmann, 2002; Seufert, 2003). Bezüglich des Forschungsansatzes finden sich bei der Untersuchung multipler Repräsentationen sowohl stärker kognitionspsychologisch ausgerichtete Studien, etwa zu Strategien beim Umgang mit multiplen Repräsentationen (z. B. Ainsworth, & Loizou, 2003; Van Meter, Aleksic, Schwartz, & Garner, 2006; Ziepprecht, Schwanewedel, & Mayer, 2015) als auch Feldstudien zum Einsatz multipler Repräsentationen in konkreten Unterrichtssettings (z. B. Nitz, Ainsworth, Nerdel, & Prechtel, 2014; Stieff, 2011; Hubber, Tytler, & Haslam, 2010; Prain & Waldrip, 2006).

Neben Studien, die den kombinierten Einsatz von Repräsentationen untersuchen, finden sich solche, die auf einzelne, zum Teil fachspezifische Repräsentationsformen fokussieren. Hierbei wird unter anderem den Fragen nachgegangen, welche Bedeutung die jeweilige Repräsentationsform für das Lernen in einem spezifischen Unterrichtsfach hat, welche Anforderungen sie an Schülerinnen und Schüler stellt oder wie ein sachgerechter Umgang mit ihr gefördert werden kann. In der biologiedidaktischen Forschung finden sich beispielsweise Studien zum Lehren und Lernen mit Stammbaumdarstellungen (Catley, Phillips, & Novick, 2013), Modellen (Krell & Krüger, 2016; Krell, zu Belzen, & Krüger, 2013), Schaubildern (Kragten, Admiraal, & Rijlaarsdam, 2015) oder den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Diagrammen (Glazer, 2011; Lachmayer, Nerdel, & Prechtel, 2007).

2.3.2 Diagramme als fachsprachliche Repräsentationen

In Typologien fachsprachlicher Repräsentationen fallen Diagramme in den Bereich der bildlichen Repräsentationen (vgl. Kapitel 2.3.1). Im Gegensatz zu realistischen Bildern, wie Fotografien oder Zeichnungen, weisen sie keine sichtbare Ähnlichkeit mit dem Bezeichneten auf (Schnotz, 1994). Als „kulturelle Erfindungen zur Visualisierung von abstrakten Strukturen, Relationen, Mengen und Abläufen“ (Weidenmann, 1994, S. 16) sind ihre Darstellungscodes arbiträr und in hohem Maße konventionalisiert. Sie

⁵ Tang et al. (2014) unternehmen den Versuch, Forschungsarbeiten zu multiplen und multimodalen Repräsentationen mithilfe der Kategorien *timescale* und *grain size* zu ordnen. Forschung im Bereich der multiplen Repräsentationen bezieht sich demnach häufig auf längere Zeiträume und betrachtet gröbere semiotische Elemente (z. B. ein Schaubild in seiner Gesamtheit), während Forschung zu multimodalen Repräsentationen eher kurze Zeitintervalle und feinere semiotische Elemente (z. B. Pfeile in einem Schaubild) betrachtet. Die Systematik dient dabei weniger als Instrument zur trennscharfen Einordnung von Forschungsarbeiten, sondern vielmehr als grobe Orientierungshilfe angesichts der Vielfalt der Fragestellungen in diesem Forschungsfeld.

werden daher auch als logische Bilder bezeichnet (vgl. Abbildung 2). Die in Diagrammen dargestellten Zusammenhänge können sowohl qualitativer als auch quantitativer Natur sein: Qualitative Zusammenhänge werden unter anderem mit Hilfe von Pfeil-, Fluss- und Baumdiagrammen visualisiert, quantitative vor allem mit Hilfe von Kreisdiagrammen oder Achsendiagrammen wie Linien-, Säulen-, Balken- und Streudiagrammen.

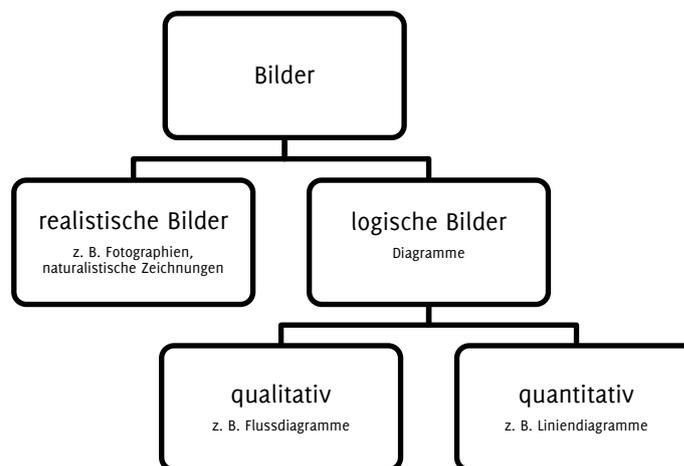


Abbildung 2. Realistische und logische Bilder nach Schnotz (1994)

Für den Bereich der Naturwissenschaften sind Achsendiagramme besonders bedeutend. In Achsendiagrammen werden quantitative Zusammenhänge mit Hilfe von diagrammtypabhängigen Spezifikatoren dargestellt. Die räumliche Ausprägung bzw. Lage von Balken, Säulen, Linien oder Datenpunkten in einer durch zwei orthogonal aufeinander stehenden Achsen aufgespannten Fläche gibt Auskunft über Merkmalsausprägungen oder -zusammenhänge (Kosslyn, 1989). Die hierdurch mögliche graphische Visualisierung abstrakter Messzusammenhänge dient Forschenden als Ansatzpunkt für die Reflexion von Theorien, die Ableitung von Hypothesen, die Interpretation von Ergebnissen und das Ziehen von Schlussfolgerungen (Roth et al., 1999; Roth & McGinn, 1997; Zacks et al., 2002). Zudem ermöglichen Achsendiagramme eine kompakte und anschauliche Präsentation von Messdaten und sind daher der häufigste Diagrammtyp in naturwissenschaftlichen Forschungsartikeln (Roth, Bowen, & McGinn, 1999; Zacks et al., 2002). Aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen als Denk- und Analysewerkzeug sowie als Kommunikationsmittel bezeichnen Roth et al. sie als „paradigmatic emblem of science“ (Roth et al., 1999, S. 1005).

Die Bedeutung von Diagrammen für die naturwissenschaftliche Forschung und die Kommunikation ihrer Erkenntnisse findet sich im Schulkontext wieder. Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen werden im Rahmen der naturwissenschaftlichen Fächer als Teil naturwissenschaftlicher Kompetenz angesehen, etwa im Rahmen der PISA-Studie (Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler, & Klopp, 2001; Rönnebeck, Schöps, Prenzel,

Mildner, & Hochweber, 2010; Rost, Prenzel, Carstensen, Senkbeil, & Groß, 2004), und sind laut Fachanforderungen und Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erwerben (KMK, 2005a, 2005b, 2005c; MSB, 2016). In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung gilt der sach- und adressatengerechte Umgang mit bildlichen Repräsentationen wie Diagrammen als Aspekt von Unterrichtsqualität sowie als relevanter Teil der Handlungskompetenz einer Lehrkraft (Kotzebue, 2014). Relevante empirische Befunde zum Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht werden im Folgenden getrennt nach den Ebenen der Lernenden, der Unterrichtsgestaltung sowie der Lehrenden dargestellt. Dabei liegt der Fokus auf Achsendiagrammen, es werden jedoch auch Arbeiten berücksichtigt, die allgemeiner angelegt sind und Diagramme bzw. bildliche Repräsentationen untersuchen.

2.3.2.1 Umgang mit Diagrammen auf Ebene der Lernenden

Einen Forschungsschwerpunkt auf Ebene der Lernenden bildet die Untersuchung von Prozessen und Fähigkeiten, die einem sachgerechten Umgang mit Achsendiagrammen zugrunde liegen. Einen Versuch, entsprechende Fähigkeiten zu beschreiben und zu strukturieren, stellt das Kompetenzmodell der Diagrammkompetenz dar, das im Bereich des Umgangs mit Achsendiagrammen im Biologieunterricht entwickelt wurde (Lachmayer, 2008; Lachmayer, Nerdel, & Prechtel, 2007). Grundsätzlich werden im Modell die Fähigkeiten zur Informationsentnahme, Konstruktion und Integration unterschieden (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007; für Details siehe Kapitel 6). In der internationalen Forschungsliteratur werden vor allem das Interpretieren und Konstruieren von Achsendiagrammen als zentrale Fähigkeiten herausgestellt und empirisch untersucht (Berg & Phillips, 1994; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Auch in der vorliegenden Arbeit wird auf das Lesen und Erstellen von Diagrammen fokussiert.

Als hoch konventionalisierte, abstrakte und komplexe Repräsentationen können Achsendiagramme sowohl bei der Interpretation als auch bei der Konstruktion hohe Anforderungen an Lernende stellen (Schnotz, 1994). Im Bereich der Interpretation sind korrespondierende Lern- und Verständnisschwierigkeiten bereits gut untersucht und dokumentiert (Glazer, 2011; Leinhardt, Zaslavsky, & Stein, 1990; Shah & Hoeffner, 2002).⁶ Eine Reihe von Untersuchungen konnte in diesem Zusammenhang zeigen,

⁶ In der empirischen Forschung werden häufig Aufgaben eingesetzt, um Diagrammkompetenz zu messen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden dagegen Selbsteinschätzungen von Schülerinnen und Schülern zu ihren Kompetenzen bezüglich des Lesens und Erstellens von Achsendiagrammen berichtet. Derartige subjektive Einschätzungen eigener kontext- und domänenspezifischer Kompetenzen, die es dem Individuum ermöglichen, bestimmte Handlungen erfolgreich zu vollziehen, werden in der Regel dem Bereich der Selbstwirksamkeit zugeordnet (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Bandura definiert Selbstwirksamkeitserwartungen als „beliefs in one's capabilities to organize and execute the courses of action required to produce given attainments“ (Bandura, 1997, S. 3). Entsprechende Kompetenzüberzeugungen gelten als relevante Determinante der Lernbereitschaft, Lerneffektivität und Leistung in der entspre-

dass es Lernenden unterschiedlichen Alters Schwierigkeiten bereitet, von einer basalen Form der Informationsentnahme zu einem tiefergreifenden Verständnis von Trends sowie der dem Achsendiagramm zugrundeliegenden Datenstruktur zu gelangen (Beichner, 1994, Beichner, 1996; Berg & Smith, 1994; Glazer, 2011; McDermott, Rosenquist, & van Zee, 1987; Padilla, McKenzie, & Shaw, 1986; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Im Rahmen von Experten-Novizen-Studien wurden dabei wesentliche Unterschiede im Umgang mit Diagrammen und anderen naturwissenschaftlichen Repräsentationen in Abhängigkeit von der Erfahrung der Teilnehmenden identifiziert. Leser mit wenigen Erfahrungen bei der Datenauswertung und -darstellung fokussierten vor allem auf Oberflächenmerkmale der Repräsentationen (Eilam, 2013; Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997). Zusätzlich fehlten ihnen zentrale fachliche Begriffe und Ausdrucksweisen für eine adäquate Beschreibung der Repräsentationen (Bowen et al., 1999; Kozma & Russell, 1997). Darüber hinaus ist bekannt, dass Schülerinnen und Schüler alternative Vorstellungen bezüglich der Interpretation von Achsendiagrammen entwickeln können (Berg & Phillips, 1994; Glazer, 2011; Leinhardt et al., 1990), was eine korrekte Informationsentnahme und -verarbeitung erschweren kann.

Im Bereich der Diagrammkonstruktion finden sich vergleichsweise wenige empirische Studien, jedoch gibt es auch hier Hinweise auf Verständnisschwierigkeiten auf Seiten von Lernenden unterschiedlichen Alters (Berg & Phillips, 1994; Hattikudur et al., 2012; Mevarech & Kramarski, 1997; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004; von Kotzebue, Gerstl, & Nerdel, 2015). Bei der qualitativen Analyse der Zeichnungen von 91 Achtklässlern identifizierten Mevarech und Kramarsky (1997) verschiedene alternative Vorstellungen hinsichtlich der Konstruktion von Achsendiagrammen. Beispielsweise tendierten viele Lernende dazu, zwei zusammenhängende Faktoren getrennt in zwei Diagrammen darzustellen. Ebenso fand sich die Tendenz, einen linear positiven Zusammenhang zu zeichnen und die Skalierung der Achsen entsprechend anzupassen. Ähnliche alternative Vorstellungen fand Moritz (2005) in einer Studie mit 167 Schülerinnen und Schülern aus der dritten, fünften, siebten und neunten Klasse.

Unter der Annahme, dass Achsendiagramme sowohl als Lern- und Lehrmittel als auch im Rahmen von Leistungsüberprüfungen im Biologieunterricht eingesetzt werden, kann vermutet werden, dass sich Lern- und Verständnisschwierigkeiten beim Lesen und Erstellen negativ auf den Erwerb biologischer Konzepte auswirken können (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007).

chenden Domäne (Bandura, 1993, 1997; Liem, Lau, & Nie, 2008; für den Bereich der Naturwissenschaften vgl. u. a. Britner & Pajares, 2001, Britner & Pajares, 2006; Kupermintz, 2002; Lau & Roeser, 2002), sind aber nicht gleichzusetzen mit den Ergebnissen von Leistungstests.

2.3.2.2 *Umgang mit Diagrammen auf Ebene der Unterrichtsgestaltung*

Vor dem Hintergrund der berichteten Anforderungen und Schwierigkeiten beim Lesen und Erstellen von Diagrammen auf Seiten der Lernenden stellt sich die Frage, wie Lernumgebungen gestaltet sein müssen, um einen erfolgreichen Umgang mit Diagrammen zu fördern. Hierzu können Studien, die die Unterrichtsgestaltung in Bezug auf den Umgang mit Achsendiagrammen und anderen bildlichen Repräsentationen in den Blick genommen und mit Zielvariablen auf Schülerseite in Beziehung gesetzt haben, wichtige Anhaltspunkte liefern.

In einer Studie zum Umgang mit fachsprachlichen Repräsentationen im Fach Biologie untersuchten Nitz et al. (2014) Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit des Einsatzes verbaler (Texte), bildlicher (Abbildungen, Diagramme) und symbolischer (chemische Formeln, Reaktionsgleichungen) Repräsentationen einerseits und Schülerfähigkeiten im Umgang mit den entsprechenden Repräsentationen andererseits. Bezüglich des Einsatzes im Unterricht wurde jeweils zwischen Interpretieren und Konstruieren der jeweiligen Repräsentationen unterschieden, wobei sich die beiden Aspekte nur im Falle der bildlichen Repräsentationen auch empirisch trennen ließen.

Die Auswertung der Daten aus 51 Klassen der Jahrgangsstufen 12 ergab, dass fachsprachliche Unterrichtspraktiken vergleichsweise selten in den Biologieunterricht integriert waren. Die Interpretation von bildlichen Repräsentationen, einschließlich der Diagramme, fand sich dabei am häufigsten, selten wurden bildliche Repräsentationen konstruiert (Nitz et al., 2014). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Coleman und Kollegen (2011) im Elementarbereich. Des Weiteren fielen die Zusammenhänge zwischen der Einsatzhäufigkeit fachsprachlicher Repräsentationen im Unterricht und den Schülerfähigkeiten nur schwach positiv, im Falle des Konstruierens bildlicher Repräsentationen erwartungswidrig negativ aus (Nitz et al., 2014). Nitz et al. leiten aus diesem Befund ab, dass die Einsatzhäufigkeit fachsprachlicher Repräsentationen allein nur bedingt ausschlaggebend für die Entwicklung von Schülerfähigkeiten ist; zusätzlich müsse die Qualität des Unterrichtsangebots als wesentlicher Einflussfaktor berücksichtigt werden (Nitz, 2012; Nitz et al., 2014).

Dies steht in Einklang mit Autoren, die adäquaten Unterstützungsangeboten von Seiten der Lehrkraft einen hohen Stellenwert bei der Förderung des Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen zusprechen (für einen Überblick siehe Wu & Puntambekar, 2012). Diesbezüglich wird empfohlen, den Umgang mit einzelnen und verschiedenen fachsprachlichen Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht explizit und kontinuierlich zu thematisieren und zu üben, wobei zu einem aktiven, diskursiven und authentisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsansatz geraten wird (Bowen & Roth, 2002; Greeno & Hall, 1997; Hubber, Tytler, & Haslam, 2010; Kozma & Russell, 1997; Nitz, 2012; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010; Roth & McGinn, 1998; Wu &

Krajcik, 2006a, Wu & Krajcik, 2006b). In der Unterrichtspraxis könne dies unter anderem durch die Integration fachsprachlicher Repräsentationspraktiken in Phasen des Inquiry-Lernens erreicht werden, beispielsweise indem Schülerinnen und Schüler dazu angeleitet werden, fachsprachliche Repräsentationen zum Aufstellen von Hypothesen über naturwissenschaftliche Zusammenhänge, zum Analysieren und Interpretieren von Daten oder zur Präsentation eigener Forschungsergebnisse zu nutzen (Wu & Puntambekar, 2012).

Das Erstellen eigener fachsprachlicher Repräsentationen wird in der aktuellen naturwissenschaftsdidaktischen Forschung als besonders lernförderlich erachtet (Ainsworth, Prain, & Tytler, 2011; Prain & Tytler, 2012; Prain & Waldrip, 2006; Tytler, Peterson, & Prain, 2006; Tytler, Prain, Hubber, & Waldrip, 2013; Waldrip, Prain, & Carolan, 2010). Nach Ainsworth, Prain und Tytler (2011) beispielsweise steigert es die Motivation, schafft ein Verständnis für Verwendungszwecke und Konventionen naturwissenschaftlicher Repräsentationen, fördert naturwissenschaftliches Denken, unterstützt den Wissenserwerb und gibt Anlass zu einem diskursiven Aushandeln in der Klasse. In der bereits erwähnten Fallstudie von Wu und Krajcik (2006b) (vgl. Kapitel 2.3.2) zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler beim angeleiteten Konstruieren von Tabellen und Achsendiagrammen im Rahmen eines Inquiry-basierten Unterrichtsettings intensiv über Aspekte der Datenerhebung und -auswertung sowie über verschiedene Möglichkeiten zur Darstellung naturwissenschaftlicher Konzepte diskutierten. Aus diesen und weiteren Beobachtungen schlossen die Autoren, dass das Erstellen eigener Repräsentationen in einem derartigen Unterrichtsetting sowohl den Wissenserwerb als auch das naturwissenschaftliche Denken fördern kann – insbesondere, wenn Lernende in Gruppen arbeiten.

Die Forderung, Fähigkeiten im Umgang mit fachsprachlichen Repräsentationen explizit zu vermitteln und zu üben, gilt auch für Diagramme (Glazer, 2011; Shah & Hoeffner, 2002; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Hierbei wird argumentiert, dass es nicht ausreiche, allgemeine Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen, z. B. im Mathematikunterricht, zu schulen (vgl. Shah & Hoeffner, 2002, S. 63), sondern eine explizite Förderung diagrammbezogener Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht notwendig sei (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010; Roth & McGinn, 1997; Roth & McGinn, 1998; Wu & Krajcik, 2006b). In diesem Rahmen wird der Vermittlung adäquater Strategien zum Umgang mit Diagrammen eine wichtige Rolle zugesprochen (Shah & Hoeffner, 2002; Kramarski, 2004; Kramarski & Mevarech, 2003). Roth und Kollegen betonen des Weiteren, dass ein authentisches Arbeiten mit Diagrammen die sozialen und iterativen Aspekte naturwissenschaftlicher Praktiken widerspiegeln sollte (Roth & McGinn, 1997; Roth & McGinn, 1998; Wu & Krajcik, 2006b). So sei es beispielsweise sinnvoll, Schülerinnen und Schüler eigene und fremde Diagramme daraufhin über-

prüfen zu lassen, ob sie für einen bestimmten Zweck geeignet sind und sie dazu aufzufordern, eigene Darstellungen möglichst überzeugend zu gestalten. Empfohlen wird dabei unter anderem die Arbeit in Kleingruppen, in denen Schülerinnen und Schüler selbst erstellte Diagramme besprechen, sich gegenseitig Feedback geben und so diagrammbezogene Kompetenzen schulen. Auch das computergestützte Erstellen von Diagrammen wird als vorteilhaft gesehen, da es Lernenden ermöglicht, verschiedene Darstellungsmöglichkeiten in kurzer Zeit gegeneinander abzuwägen, um sich dann für eine möglichst überzeugende Variante zu entscheiden (Roth & McGinn, 1998).

2.3.2.3 Umgang mit Diagrammen auf Ebene der Lehrkräfte

Wie aufgezeigt, gilt der adäquate Umgang mit Diagrammen und anderen fachsprachlichen Repräsentationen als Bildungsziel im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens (vgl. Kapitel 2.2) und findet in der empirischen Forschung als Qualitätsmerkmal naturwissenschaftlichen Unterrichts zunehmend Berücksichtigung (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Gleichzeitig werden in aktuellen Auffassungen zur Unterrichtsqualität die professionellen Kompetenzen einer Lehrkraft als wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Unterrichtsplanung und -gestaltung hervorgehoben (Helmke, 2009; Lipowsky, 2006; Neuhaus, 2007; Neumann, Kauertz, & Fischer, 2012; vgl. Kapitel 3.1). Trotz dieser Entwicklungen liegen vergleichsweise wenige Untersuchungen vor, die bezüglich des Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen die Lehrerebene in den Blick nehmen.

In einer qualitativen Studie untersuchten Eilam und Kollegen (2014) das Wissen von 72 Lehrkräften der Naturwissenschaften und Mathematik im Bereich des Umgangs mit bildlichen Repräsentationen, einschließlich Achsendiagrammen. Hierzu forderten sie die Lehrkräfte auf, basierend auf drei verschiedenen Texten eigene Visualisierungen zu konstruieren sowie aus vorhandenen Darstellungen jene auszuwählen, die die Informationen in den Texten am besten repräsentiert. Im Anschluss wurden die Lehrkräfte gebeten, ihre Lösungen sowohl mündlich als auch schriftlich zu reflektieren. Eine Analyse des Datenmaterials ließ auf Schwierigkeiten der Lehrkräfte im Umgang mit den untersuchten Repräsentationen schließen. So bevorzugten die Lehrkräfte möglichst einfache Darstellungen, auch in Fällen, in denen komplexere Darstellungen (z. B. Achsendiagramme) die Informationen besser repräsentiert hätten. Zudem ließen sich in den Erklärungen keine kohärenten und stabilen Kriterien zur Auswahl passender Repräsentationen erkennen. In der Gesamtschau bescheinigen die Autoren den untersuchten Lehrkräften eine „poor visual competence“ (Eilam et al., 2014, S. 59) und rufen dazu auf, der Erforschung und Förderung von Lehrerkompetenzen im Bereich des Umgangs mit Visualisierungen mehr Aufmerksamkeit zukommen zu lassen.

In einer ebenso qualitativ ausgerichteten Studie untersuchten Bowen und Roth (2005) die Fähigkeiten 25 angehender Lehrkräfte der Naturwissenschaften bezüglich der Interpretation von Tabellen und Achsendiagrammen. Hierzu wurden den Lehrkräften verschiedene Aufgaben vorgelegt. Beispielsweise sollten aus Rohdaten eigene Repräsentationen erstellt werden, die dann erklärt werden sollten. Die meisten angehenden Lehrkräfte waren nicht in der Lage, die Aufgaben auf einem angemessenen Niveau zu bearbeiten: „With regard to inscriptions, we realized that the participants’ difficulties lay not just in knowing if a graph should be used, but rather were embedded in not knowing how to structure data and choose appropriate inscriptions to address problems in the first place” (Bowen & Roth, 2005, S. 1086). Die angehenden Lehrkräfte seien daher nur unzureichend darauf vorbereitet, einen sachgerechten Umgang mit Tabellen und Achsendiagrammen zu unterrichten. Die Autoren begründen die Schwierigkeiten mit der Tatsache, dass angehende Lehrkräfte zu wenig Gelegenheiten zu einem authentischen forschungsbezogenen Umgang mit entsprechenden Repräsentationen haben und schlagen vor, entsprechende Übungen in die Lehrerbildung zu integrieren.

In einer Reihe von Studien untersuchten von Kotzebue und Kollegen das diagrammspezifische Fachwissen und fachdidaktische Wissen von Lehrkräften (von Kotzebue & Nerdel, 2015; von Kotzebue, 2014; von Kotzebue & Nerdel, 2012; von Kotzebue, Gerstl, & Nerdel, 2015). Unter dem diagrammspezifischen Fachwissen versteht von Kotzebue die Komponenten der Diagrammkompetenz nach Lachmayer und Kollegen (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007), d. h. die Informationsentnahme, Konstruktion und Integration (vgl. Kapitel 2.3.2.1). Das fachdidaktische Wissen umfasst das Wissen über Schülerkognitionen, Aufgaben sowie Instruktionen in Bezug auf Diagramme (von Kotzebue & Nerdel, 2012). In einer Fragebogenstudie mit angehenden Biologielehrkräften (N = 442) aus 13 Universitäten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz erwiesen sich Komponenten des diagrammspezifischen Fach- und fachdidaktischen Wissens als eigenständige Dimensionen (von Kotzebue, 2014). Untersuchungen mit den entsprechenden Instrumenten bei Studienanfängern ließen ebenfalls auf Defizite im Umgang mit Diagrammen schließen (von Kotzebue, Gerstl, & Nerdel, 2015). Dabei wurden ähnliche Fehler identifiziert wie bei Schülerinnen und Schülern (vgl. Kapitel 2.3.2.1).

Eine Reihe von Untersuchungen, die für die vorliegende Arbeit sowohl inhaltlich als auch methodisch bedeutend sind, wurden im Rahmen des Projekts „Entwicklung und Überprüfung von Kompetenzmodellen zur integrativen Verarbeitung von Texten und Bildern“ (BiTe) (Schnotz et al., 2010) durchgeführt. Neben Kompetenzen auf Schülerseite wurden im Projekt auch die Kompetenzen von Lehrkräften der Sekundarstufe I zum Umgang mit Texten und bildlichen Repräsentationen (u.a. Achsendiagramme) im

Unterricht untersucht (McElvany et al., 2010). Einen Untersuchungsschwerpunkt bildeten die diagnostischen Fähigkeiten von Lehrkräften. Im Rahmen einer Fragebogenstudie mit 116 Lehrkräften der Fächer Biologie, Erdkunde und Deutsch stellte sich heraus, dass die Befragten die Schülerkompetenzen tendenziell unterschätzten und die Materialien insgesamt nicht zufriedenstellend akkurat einschätzen konnten (McElvany et al., 2009).

Zusätzlich wurden bei BiTe die Überzeugungen, die Motivation, die Selbstwirksamkeitserwartungen und das Engagement der Lehrkräfte im Bereich des Umgangs mit Texten und bildlichen Repräsentationen im Unterricht erfasst (McElvany et al., 2010). Zur Erhebung der Überzeugungen kam ein Fragebogen zum Einsatz, der unter anderem die wahrgenommene Bedeutung von Texten mit bildlichen Repräsentationen für den Unterricht, die Wichtigkeit, das Lesen entsprechender Materialien zu üben, die Bedeutung der Vermittlung von Strategien zur Text-Bild-Integration sowie Vorstellungen über die Selbstständigkeit von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit Bildern und Texten erfasst. Eine Befragung von 106 Lehrkräften ergab, dass die Bedeutung des integrativen Lesens von Texten und Bildern für Unterrichtsprozesse als hoch eingeschätzt und die Übung und Vermittlung von Strategien als wichtig wahrgenommen wurden (McElvany et al., 2012; Schroeder et al., 2011). Die entsprechenden Überzeugungen waren teilweise bei Biologie- und Geographielehrkräften stärker ausgeprägt als bei Deutschlehrkräften (McElvany et al., 2012). Ihre Motivation und eigenen Fähigkeiten in Bezug auf den Einsatz von Texten mit bildlichen Repräsentationen schätzten die befragten Lehrkräfte im Durchschnitt als hoch ein. Laut den Autoren zeichnete sich insgesamt „ein durchweg positives Bild der lehrerseitigen Perspektive auf das Thema der Text-Bild-Integration im Unterricht ab“ (McElvany et al., 2010, S. 112). Darüber hinaus lieferte die Studie Hinweise darauf, dass die Überzeugungen das Handeln der Lehrkräfte im Unterricht beeinflussten. So verbrachten beispielsweise Lehrkräfte, denen die Vermittlung von Strategien zum Umgang mit Texten und Bildern wichtig war, mehr Zeit damit, entsprechende Unterrichtsmaterialien mit ihren Klassen zu besprechen (Schroeder et al., 2011).

Kapitel 3

Überzeugungen von Lehrkräften

Jede Lehrperson hat bestimmte Sichtweisen auf die eigene Arbeit, die Planung und Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen und die Rolle, die sie hierin einnimmt. Bei der Beschreibung und Untersuchung dieser Sichtweisen wird in der Lehrerforschung vielfach auf den Begriff der Überzeugungen (*beliefs*) zurückgegriffen. Trotz großer Verbreitung in der Literatur fehlt eine einheitliche Begriffsdefinition sowie eine trennscharfe Abgrenzung der Überzeugungen zu verwandten Konstrukten wie Vorstellungen, subjektiven Theorien oder Einstellungen (Calderhead, 1996; Pajares, 1992). Entsprechend halten Reusser et al. (2011) die aus dem Jahr 1992 von Pajares stammende Charakterisierung von Überzeugungen als „messy construct“ für weiterhin gültig. Im Folgenden soll das Konstrukt für die vorliegende Arbeit eingeordnet und begrifflich ausgeschärft werden, um die theoretischen Grundlagen für die untersuchten Fragestellungen zu legen. Hierzu werden Überzeugungen zunächst in theoretische Ansätze zur professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften eingeordnet (Kapitel 3.1). Anschließend wird das Konstrukt in Auseinandersetzung mit theoretischen Konzepten und empirischen Befunden der Überzeugungsforschung weiter konkretisiert (Kapitel 3.2) und auf mögliche Unterscheidungsmerkmale zu verwandten Konstrukten hin betrachtet (Kapitel 3.3). Das Kapitel schließt mit messtheoretischen Überlegungen zur empirischen Erfassung von Überzeugungen (Kapitel 3.4).

3.1 Überzeugungen im Professionsansatz der Lehrerforschung

Im Rahmen der Expertiseforschung gelten Lehrkräfte als Fachleute (oder auch Experten), deren Erfolg auf ihrem berufsbezogenen Wissen und Können beruht (Bromme, 1992, 2008). Dieses wird in theoretischen und praktischen Ausbildungsphasen erworben und mit zunehmender Berufserfahrung weiterentwickelt (Bromme, 2008). Der auf den Annahmen und Befunden der Expertiseforschung aufbauende Professionsansatz legt den Fokus auf Kompetenzen, die eine adäquate Berufsausübung in der jeweiligen Profession ermöglichen (Helsper, 2011; Oevermann, 1996). Eine adäquate Berufsausübung besteht dabei in der erfolgreichen Bewältigung berufsspezifischer Anforderungen, die bei Lehrkräften in erster Linie in der Vorbereitung und Durchführung von Unterricht liegen (Tenorth, 2006).

In der Lehr-Lern-Forschung wurden mehrere Versuche vorgelegt, relevante berufsspezifische Kompetenzen von Lehrkräften auszumachen und zu strukturieren. Richtungsweisend für den deutschsprachigen Forschungsraum ist das von Baumert und Kunter (2006) in ihrem einschlägigen Stichwortartikel vorgelegte Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften. Professionelle Kompetenz wird dabei als mehrdimensionales Gefüge verstanden, das neben Wissenselementen, motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten die unterrichtsbezogenen Überzeugungen und Werthaltungen einer Lehrkraft umfasst (vgl. Abbildung 3).⁷



Abbildung 3. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften nach Baumert & Kunter (2006)

⁷ Auf differenzierte Ausführungen zu den Werthaltungen, die den Überzeugungen im Modell beigeordnet werden, wird verzichtet, da sie nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Baumert und Kunter (2006) konzipieren sie als Haltungen einer Lehrkraft im Bereich der Berufsethik.

Überzeugungen werden im Rahmen des Modells als subjektive Annahmen mit impliziten und expliziten Anteilen definiert, die die Wahrnehmung und das Handeln einer Lehrkraft beeinflussen (Baumert & Kunter, 2006). Der subjektiv-evaluative Charakter der Überzeugungen wird als wichtiges Unterscheidungskriterium vom professionellen Wissen angeführt, das in der Regel den Ansprüchen der Widerspruchsfreiheit und der argumentativen Rechtfertigung unterliegt und daher als tendenziell wertfrei, neutral und evidenzbasiert bezeichnet wird (Baumert & Kunter, 2006). Überzeugungen haben im Rahmen der professionellen Lehrerkompetenz damit einen anderen epistemologischen Status als das Wissen, auch wenn die Übergänge als fließend gelten (Baumert & Kunter, 2006).⁸

Das Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften bildet die theoretische Basis zahlreicher Forschungsarbeiten. Zu nennen wäre hierbei an erster Stelle die über den Bereich der Mathematikdidaktik hinaus wirkungsreiche COACTIV-Studie (Krauss et al., 2008; Kunter et al., 2011), die auf die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften fokussiert und diese im Zusammenhang mit der Unterrichtsgestaltung und relevanten Schülervariablen untersucht. Das Modell dient auch für die vorliegende Arbeit als wichtiger Anhaltspunkt für die Einordnung der unterrichtsbezogenen Überzeugungen in den Gesamtkontext der professionellen Kompetenz von Lehrkräften und für die Definition des Konstrukts.

3.2 Konzepte und Befunde der Überzeugungsforschung

Im Folgenden wird das Konstrukt der Überzeugungen anhand von Konzepten und Befunden der Überzeugungsforschung konkretisiert. Nach einem grundlegenden Überblick über Konzepte zur Struktur unterrichtsbezogener Überzeugungen (Kapitel 3.2.1) werden wesentliche Befunde zu ihrer Entstehung (Kapitel 3.2.2) sowie Bedeutung für das unterrichtliche Handeln und für Zielvariablen auf Schülerseite (Kapitel 3.2.3) dargestellt.

3.2.1 Struktur der Überzeugungen von Lehrkräften

Überzeugungen zeichnen sich durch einen Bezug zu einem Gegenstand, also einer Person, einem Objekt oder einem Phänomen aus. Bei Lehrkräften finden sich unter

⁸ Die Unterscheidung von Wissen und Überzeugungen nach ihrem epistemologischen Status wird auch in vielen anderen relevanten Theoriearbeiten angeführt (Calderhead, 1996; Nespor, 1987; Pajares, 1992; Southerland, Sinatra, & Matthews, 2001). Gleichzeitig wird jedoch betont, dass die Grenze zwischen beiden Konstrukten verschwimmt und eine trennscharfe Erhebung auf empirischer Ebene einem „daunting undertaking“ (Pajares, 1992, S. 307) gleichkommt. Dabei finden sich sowohl Studien, in denen Wissen und Überzeugungen als getrennte Kompetenzfacetten untersucht werden (Baumert & Kunter, 2011; Veal, 2004; Schnotz et al., 2010; Blömeke, Suhl, & Döhrmann, 2012) als auch solche, die sie integrativ betrachten (Hartinger, Kleickmann, & Hawelka, 2006; Magnusson, Krajcik, & Borko, 2002; Kleickmann, Vehmeyer, & Möller, 2010).

anderem Überzeugungen, die sich auf das Unterrichten beziehen. In der Forschungsliteratur liegen mehrere Ansätze vor, diese Überzeugungen einer Lehrkraft nach Gegenstandsbereichen zu klassifizieren (Baumert & Kunter, 2006; Calderhead, 1996; Reusser, Pauli, & Elmer, 2011; Voss, Kleickmann, Kunter, & Hachfeld, 2011). Ein bekannter Klassifizierungsversuch stammt von Calderhead (1996), der in seinem im *Handbook of educational psychology* erschienenen Artikel zu Lehrerkognitionen diesbezüglich fünf Gegenstandsbereiche unterscheidet:

1. *Überzeugungen über die Lernenden und das Lernen*, d. h. Annahmen über Schülerinnen und Schüler und deren Lernprozesse
2. *Überzeugungen über das Unterrichten*, d. h. Annahmen über Bedingungen und Merkmale von Wissensvermittlung in der Unterrichtspraxis
3. *Überzeugungen über das Fach*, d. h. Annahmen darüber, wodurch sich ein spezifisches Unterrichtsfach auszeichnet und welche deklarativen und prozeduralen Wissensbestände benötigt werden, um in dem Fach erfolgreich zu sein
4. *Überzeugungen über das Unterrichtenlernen*, d. h. Annahmen über die eigene professionelle Entwicklung
5. *Überzeugungen über sich selbst und die Lehrerrolle*, d. h. Annahmen über die Ausprägung eigener Kompetenzen sowie die eigene Rolle als Lehrkraft

Forschungsarbeiten haben sowohl einzelne als auch mehrere der genannten Überzeugungsbereiche untersucht, wobei der Grad der Fachspezifität der Überzeugungen erheblich variiert. In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung finden sich Studien zu domänenübergreifenden Überzeugungen in Form von konstruktivistisch oder traditionell orientierten Lehr-Lerntheorien (Hartinger, Kleickmann, & Hawelka, 2006; Seidel, Schwindt, Rimmel, & Prenzel, 2008; Uzuntiryaki, Boz, Kirbulut, & Bektas, 2010), aber auch zu domänenspezifischeren Aspekten des naturwissenschaftlichen Unterrichts wie Überzeugungen zu Nature of Science (Abell & Smith, 1994, Abell & Smith, 1994; Brickhouse, 1990; Trumbull, Scarano, & Bonney, 2006) oder Inquiry-Lernen (Lucero, Valcke, & Schellens, 2012; Wallace & Kang, 2004). Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Lehrerüberzeugungen sind fachspezifisch, weil sie sich auf das Lehren und Lernen mit fachsprachlichen Repräsentationen im Biologieunterricht beziehen.

Werden mehrere Überzeugungsfacetten zeitgleich untersucht, stellt sich nicht nur die Frage nach den jeweiligen Ausprägungen der Überzeugungsfacetten, sondern auch nach ihrem Zusammenhang untereinander. Einem einflussreichen Ansatz der Überzeugungsforschung nach sind die Überzeugungen einer Lehrkraft in systemartigen Strukturen, den sogenannten Überzeugungssystemen, angeordnet (Green, 1971; Rokeach, 1968; Thompson, 1992). Neu hinzutretende Überzeugungen werden dabei in

Abstimmung mit bereits vorhandenen Überzeugungen geformt. Auf diese Art und Weise entstehen komplexe Systeme, die Green (1971) weiter konkretisiert:

- Überzeugungen innerhalb eines Systems können unterschiedlich stark ausgeprägt sein, d. h. eine eher zentrale oder periphere Position im System einnehmen. Zentrale Überzeugungen werden besonders stark nach außen vertreten, sind psychologisch wirksamer und resistenter gegenüber Veränderung.
- Überzeugungen können miteinander zusammenhängen, z. B. wie eine Annahme und eine Schlussfolgerung (vgl. Green, 1971, S. 44). So können ursprüngliche und abgeleitete Überzeugungen entstehen.
- Überzeugungen eines Systems sind in Clustern organisiert, die mehr oder weniger stark miteinander verbunden sind. Zwischen stark verbundenen Clustern findet ein hoher, zwischen voneinander isolierten Clustern dagegen kein Abgleich statt. Fehlt der Abgleich zwischen Clustern, können Personen sich widersprechende Überzeugungen innerhalb eines Überzeugungssystems ausbilden.

Mittlerweile liegt eine Vielzahl empirischer Studien vor, die den Zusammenhang zwischen Überzeugungsfacetten bei Lehrkräften empirisch untersucht haben (Boulton-Lewis, Smith, McCrindle, Burnett, & Campbell, 2001; Bryan, 2003; Chan, 2007; Chan & Elliott, 2004; Seidel et al., 2008; Tsai, 2002). Dabei wird häufig der Fragestellung nachgegangen, ob die Überzeugungsfacetten einer Lehrkraft hinsichtlich theoretisch festgelegter Kriterien konsistent zusammenhängen. Tsai (2002) beispielsweise interviewte 37 taiwanesischen Sekundarstufenlehrkräfte mit den Fächern Physik und Chemie, um ihre Überzeugungen über das Lernen, das Lehren und zur Wissenschaft zu erheben. Für die Auswertung wurden die Überzeugungen den Kategorien „traditional“, „process“ und „constructivist“ zugeordnet (vgl. Tsai, 2002, S. 773). Bei einem Großteil der Lehrkräfte standen die drei untersuchten Überzeugungsfacetten in einem engen, konsistenten Zusammenhang, d. h. Lehrkräfte mit traditionellen Überzeugungen über das Lernen äußerten auch traditionelle Überzeugungen über das Lehren und zu Nature of Science.

Bei der Auswertung von Fragebogendaten der IPN-Videostudie konnten Seidel und Kollegen (2008) bei den 50 befragten Physiklehrkräften ebenso einen positiven Zusammenhang zwischen einem konstruktivistischen Wissenschaftsverständnis und konstruktivistischen Überzeugungen über das Lernen von Schülerinnen und Schülern nachweisen. Gleichzeitig ging eine empiristische Wissenschaftsorientierung bei den befragten Lehrkräften häufiger mit rezeptiven Lehr-Lern-Überzeugungen einher.

Im Rahmen einer Mixed-Methods-Studie von Cheng und Kollegen (2009) fanden sich bei knapp der Hälfte der 31 untersuchten angehenden Lehrkräfte hingegen inkonsistente Zusammenhänge zwischen epistemologischen Überzeugungen und Überzeugungen über das Lehren. Die Autoren erklären diesen Befund unter anderem damit,

dass sich angehende Lehrkräfte in einem Übergangsstadium von naiven zu elaborierten unterrichts- und schulbezogenen Überzeugungen befinden. Ehemals bestehende Überzeugungen können dabei mit neu erworbenen in Konflikt stehen, insbesondere wenn die Überzeugungen (noch) nicht ausreichend reflektiert worden sind (Brownlee, Purdie, & Boulton-Lewis, 2001; Cheng et al., 2009).

Auch messtheoretische Faktoren dürften zu uneinheitlichen Ergebnissen hinsichtlich der Konsistenz zwischen Überzeugungsbereichen von Lehrkräften beitragen: In der einschlägigen Forschungsliteratur finden sich sowohl verschiedenartige Operationalisierungen der Überzeugungen als auch unterschiedliche methodische Zugänge (für letzteres siehe Kapitel 3.4). In den weiter oben zitierten Studien von Seidel et al. (2008) und Cheng et al. (2009) beispielsweise wurde in beiden Fällen der Zusammenhang zwischen epistemologischen Überzeugungen und Lehr-Lern-Überzeugungen untersucht. Während die Lehr-Lern-Überzeugungen in beiden Studien vergleichbar operationalisiert waren (traditionell vs. konstruktivistisch), erfassten Seidel et al. die epistemologischen Überzeugungen mit Hilfe zweier Skalen („empiristisch“ vs. „konstruktivistisch“). Cheng et al. dagegen verwendeten vier Dimensionen epistemologischer Überzeugungen („innate/fixed ability“, „learning effort/process“, „authority/expert knowledge“, „certainty knowledge“).

3.2.2 Entstehung der Überzeugungen von Lehrkräften

In der vorliegenden Arbeit werden ausgewählte personen- und berufsbezogene Merkmale der Lehrkräfte untersucht und mit der Ausprägung ihrer Überzeugungen in Beziehung gesetzt. Für die Untersuchung dieses Zusammenhangs sind Konzepte zur Entstehung von Überzeugungen bedeutsam.

Überzeugungen werden nicht spontan entwickelt, sondern in der Regel im Verlauf eines individuellen Sozialisationsprozesses herausgebildet und verfestigt. In diesem Prozess kommt den Erfahrungen eines Individuums eine zentrale Rolle zu. Auf Basis der Forschungsliteratur benennt Richardson (Richardson, 1996) drei Erfahrungsbereiche, die für die Ausprägung unterrichtsbezogener Überzeugungen von Lehrkräften bedeutsam sind.

Den ersten Bereich bilden *persönliche Erfahrungen*, die beispielsweise auf den ethnischen, sozioökonomischen und religiösen Hintergrund, die geographische Herkunft sowie das Geschlecht der Lehrkraft zurückgehen. Diese und weitere Faktoren können sich direkt oder indirekt auf unterrichtsbezogene Überzeugungen auswirken (Beck, Czerniak, & Lumpe, 2000; Cantrell, Young, & Moore, 2003; Kalaian & Freeman, 1994; Lumpe, Czerniak, Haney, & Belyukova, 2012; Mansour, 2008; Mulholland, Dorman, & Odgers, 2004; Stolberg, 2007). Unter diesen Faktoren ist das Geschlecht eine der am

häufigsten erhobenen Variablen. Die empirischen Befunde zu einem Einfluss des Geschlechts auf Überzeugungen von Lehrkräften sind jedoch uneinheitlich und variieren unter anderem mit dem Gegenstandsbereich der Überzeugungen (vgl. z. B. Beck et al., 2000; Kalaian & Freeman, 1994; Lumpe et al., 2012).

Die *eigene Schul- und Unterrichtserfahrung* einer Lehrkraft ist ein zweiter relevanter Erfahrungsbereich. Schon bei Eintritt in das Berufsleben weisen Lehrkräfte langjährige und intensive Erfahrungen mit der Einrichtung Schule sowie dem Unterrichtsgeschehen auf. Diese können die Annahmen darüber, was erfolgreichen Unterricht ausmacht, umfassend und nachhaltig prägen (Levin & Ye He, 2008; Lortie, 1975). Im späteren Verlauf kommen Erfahrungen im eigenen Unterricht hinzu, die bestehende Überzeugungen beeinflussen können (Richardson, 1996). Empirische Befunde sprechen dafür, dass die Berufserfahrung von Lehrkräften eine wichtige Rolle bei der Entwicklung bzw. Veränderung von Überzeugungen spielt (Alger, 2009; Levin & Ye He, 2008; Martínez, Sauleda, & Huber, 2001).

Unterrichtsbezogene Überzeugungen werden drittens durch das *formale Wissen* beeinflusst, das sich Lehrkräfte im Laufe ihrer Berufsbiographie aneignen. Ein großer Teil des professionellen Wissens, das Lehrkräfte in der ersten und zweiten Phase der Lehrerausbildung sowie im Rahmen von Fortbildungen erwerben (Borko, 2004; Borko & Putnam, 1996; Czerwenka & Nölle, 2011; Lipowsky, 2011; Munby, Russell, & Martin, 2001) wird im Rahmen von Fächern vermittelt. Insbesondere bei Lehrkräften an weiterführenden Schulen wird der fachliche Hintergrund daher als bedeutender Faktor für die Entwicklung der eigenen beruflichen Identität (Grossman & Stodolsky, 1995; Helms, 1998; Stodolsky & Grossman, 1995) sowie für die Aneignung professioneller Kompetenzen, einschließlich unterrichtsbezogener Überzeugungen (Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1992), betont. Fächer werden in diesem Zusammenhang als Subkulturen mit eigenen Epistemologien, Werthaltungen und Praktiken charakterisiert, in die Fachlehrkräfte hineinsozialisiert werden (Ball & Lacey, 2011; Virta, 2002; Zeichner & Gore, 1990). Verschiedene Studien liefern Hinweise auf Effekte der Unterrichtsfächer auf die Überzeugungsausprägungen von angehenden und erfahrenen Lehrkräften (Breslyn & McGinnis, 2012; Gebauer, Mönig, & Bos, 2013; Howard, Chan, & Caputi, 2015). Beispielsweise identifizierten Breslyn und McGinnis (2012) im Rahmen einer Interviewstudie mit Lehrkräften an weiterführenden Schulen das Unterrichtsfach als wesentlichen Einflussfaktor für die Ausprägung von Überzeugungen im Bereich des Inquiry-Lernens. McElvany und Kollegen (2012) konnten nachweisen, dass sich Lehrerüberzeugungen im Bereich des Umgangs mit instruktionalen Bildern je nach studierter Fachrichtung unterscheiden.

3.2.3 Bedeutung für die Unterrichts- und Lernendenebene

Ein weiterer Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Überzeugungen, unterrichtlichem Handeln und Zielvariablen auf Schülerebene. Die Untersuchung ist geleitet von der Annahme, dass Lehrerüberzeugungen sowohl die Unterrichtsplanung als auch die Entscheidungen der Lehrkraft im Unterrichtsgeschehen beeinflussen. In der Überzeugungsforschung ist diese Annahme breit akzeptiert (Kagan, 1992; Mansour, 2009; Pajares, 1992). Einige Forscher betrachten Überzeugungen als „best indicators of the decisions that individuals make throughout their lives“ (Pajares, 1992, S. 307) und bewerten sie als einflussreicher als die Wissenskomponenten einer Lehrkraft.

Zur genaueren Spezifikation der Relation zwischen Überzeugungen und Verhalten liegen verschiedene Ansätze vor. Ein populäres Beispiel ist die aus der Theorie der überlegten Handlung (*theory of reasoned action*, vgl. Fishbein & Ajzen, 1975) abgeleitete Theorie des geplanten Verhaltens (*theory of planned behavior*, vgl. Ajzen, 1985). Dort werden Überzeugungen als maßgebliche Prädiktoren der Einstellung einer Person gesehen, die sich über die Verhaltensintention auf das Verhalten einer Person auswirken. Die Verhaltensintention als bewusste Entscheidung, ein bestimmtes Verhalten ausführen zu wollen, wird zusätzlich durch Erwartungen des sozialen Umfeldes, der wahrgenommenen Kontrolle über das eigene Verhalten sowie der Selbstwirksamkeit der Person beeinflusst.

An dieser Stelle auch zu erwähnen ist das im deutschsprachigen Raum weit verbreitete Angebots-Nutzungs-Modell (Helmke, 2009; Lipowsky, 2006), in dem Wirkzusammenhänge zwischen Lehrpersonen, Unterricht und Lernenden in einem systemischen Rahmenmodell visualisiert werden. Ausgehend von der Lehrkraft wird Unterricht in Form eines Lernangebotes gestaltet. Dieses wird von den Lernenden wahrgenommen, interpretiert und genutzt und erzielt bestimmte Wirkungen, z. B. in Form von Lernprozessen. Die Lehrperson mit ihren spezifischen kognitiven und affektiven Voraussetzungen wird im Modell als Ausgangsgröße konzipiert und dadurch in ihrer Bedeutung hervorgehoben. Bei der Spezifikation der Voraussetzungen auf Lehrerseite wird dabei in der Regel auf das Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften zurückgegriffen, das auch die Überzeugungen beinhaltet (vgl. Kapitel 3.1).

Die empirische Aufklärung der Wirkzusammenhänge zwischen Lehrerüberzeugungen und -verhalten hat in der Bildungsforschung ein großes Forschungsinteresse auf sich gezogen (Fang, 1996). Im Bereich der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung sprechen viele Studien für einen maßgeblichen Einfluss der Überzeugungen einer Lehrkraft auf ihr Unterrichtsverhalten (Beck et al., 2000; Brickhouse, 1990; Fitzgerald, Dawson, & Hackling, 2012; Haney, Lumpe, Czerniak, & Egan, 2002; Hashweh, 1996;

Lotter, Harwood, & Bonner, 2007; Lucero et al., 2012; Ozel & Luft, 2013; Wong & Luft, 2015; Tsai, 2007; Verjovsky & Waldegg, 2005).

Tsai (2007) beispielsweise wertete im Rahmen einer Fallstudie mit vier Lehrkräften der Naturwissenschaften Interviews, Videoaufzeichnungen und Schülereinschätzungen bezüglich des Unterrichts in einer achten Jahrgangsstufe aus. Die Daten sprachen für einen engen Zusammenhang zwischen den Überzeugungen der Lehrkräfte und ihrem Unterrichtshandeln: Lehrkräfte mit positivistischen epistemologischen Überzeugungen verbrachten unter anderem mehr Zeit mit Lehrervorträgen, während Lehrkräfte mit konstruktivistischen epistemologischen Überzeugungen häufiger schülerzentrierte Aktivitätsphasen und interaktive Klassengespräche in ihren Unterricht einplanten.

Auch im Rahmen der bereits erwähnten BiTe-Studie wurden Zusammenhänge zwischen den Überzeugungen einer Lehrkraft und ihrem unterrichtlichen Handeln festgestellt: So verbrachten beispielsweise Lehrkräfte, denen die Vermittlung von Strategien zum Umgang mit Texten mit bildlichen Repräsentationen wichtig war, durchschnittlich mehr Zeit damit, entsprechende Unterrichtsmaterialien mit ihren Klassen zu besprechen (Schroeder et al., 2011). Die Schülerinnen und Schüler in den entsprechenden Klassen fühlten sich im Vergleich zur restlichen Stichprobe beim Einsatz von Texten mit bildlichen Repräsentationen darüber hinaus besser unterstützt (Schroeder et al., 2011).

Allerdings liegen in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung ebenso Befunde vor, die Inkonsistenzen zwischen Überzeugungen und Unterrichtshandeln nahe legen (Brown & Melear, 2006; Kang & Wallace, 2005; King, Shumow, & Lietz, 2001; Mellado, 1998; Ogan-Bekiroglu & Akkoç, 2009; Pimentel & McNeill, 2013; Savasci & Berlin, 2012; Seidel et al., 2008; Uzuntiryaki et al., 2010). Häufig wird in entsprechenden Forschungsarbeiten jedoch nicht der generelle Wirkzusammenhang zwischen Überzeugungen und Unterrichtshandeln in Frage gestellt. Vielmehr werden Faktoren diskutiert, die dazu beitragen, dass Lehrkräfte nicht oder nur eingeschränkt gemäß ihren geäußerten Überzeugungen handeln (vgl. Fischler, 2001; Jones & Carter, 2007; Leuchter, Pauli, Reusser, & Lipowsky, 2006; Mansour, 2013; Savasci & Berlin, 2012; Wahl, 1991). Hierzu gehören unter anderem:

- *Merkmale der Lehrkraft* – einschließlich dem Fachwissen, fachdidaktischen und pädagogischen Wissen, aber auch der Selbstregulation und Motivation – die nicht das nötige Ausmaß haben, um Überzeugungen in entsprechende Handlungen umzusetzen.
- *sozialer und institutioneller Kontext*, der ein Handeln nach eigenen Überzeugungen einschränken oder verhindern kann. Hierzu gehören Erwartungen des beruf-

lichen Umfeldes (Lernende, Eltern, Kollegium, Mentorinnen und Mentoren, Schulleitung), Handlungsaufgaben (Zeit, Curriculum, Vergleichsarbeiten, zentrale Prüfungen), materielle Ressourcen (Unterrichtsmaterial, Unterrichtsräume) und die Zusammensetzung der Schülerschaft.

- *Merkmale der Lernenden*, wie das Lernniveau, die Lernbereitschaft oder das Disziplinverhalten der unterrichteten Schülerinnen und Schüler, die den Handlungsspielraum ebenfalls einschränken können.

Neben diesen inhaltlichen Aspekten sind bei einer Bewertung der Befundlage wiederum methodische Faktoren zu berücksichtigen. Zu der bereits ausgeführten Problematik der angemessenen Operationalisierung von Überzeugungssystemen (vgl. Kapitel 3.2.1) tritt bei Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrer- und Unterrichtsebene die Herausforderung, das Unterrichtshandeln der Lehrkräfte reliabel und valide zu erfassen. Auch hier finden sich diverse methodische Zugänge wie etwa Selbstauskünfte, Schülereinschätzungen, Unterrichtsvideos und Unterrichtsbeobachtungen (für eine Übersicht siehe Clausen, 2002; Seidel & Shavelson, 2007), die die Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus Zusammenhangsanalysen einschränken.

Neben dem Zusammenhang zwischen unterrichtsbezogenen Überzeugungen und dem Unterrichtshandeln von Lehrkräften werden in der Unterrichtsforschung vermehrt Einflüsse auf die Ebene der Lernenden in den Blick genommen (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner, & Baumert, 2008; Leuchter, 2009; McNeill, Pimentel, & Strauss, 2011; Müller, 2004; Schroeder et al., 2011; Seidel et al., 2008; Staub & Stern, 2002; Voss et al., 2011). Eine viel zitierte Untersuchung in diesem Bereich stammt von Staub und Stern (2002), die Fragebogendaten von 27 Mathematiklehrkräften im Rahmen der Grundschulstudie SCHOLASTIK (Helmke & Weinert, 1997) auswerten. Die Forschenden ordneten die Überzeugungen zunächst den beiden Bereichen „cognitive constructivist orientation“ und „direct transmission view“ zu und untersuchten diese anschließend auf Zusammenhänge mit den Mathematikleistungen der Schülerinnen und Schüler. Dabei stellte sich heraus, dass Lernende, die von Lehrkräften mit konstruktivistisch geprägten Überzeugungen unterrichtet wurden, größere Lernfortschritte zeigten als Lernende, die von Lehrkräften mit transmissiv geprägten Überzeugungen unterrichtet wurden.

In einer ähnlich angelegten, in die BiQua-Studie eingebetteten Untersuchung, analysierte Kleickmann (2008) die Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und Lernfortschritten von Schülerinnen und Schülern im Bereich des Sachunterrichts. Mehrebenenanalytische Befunde lieferten Hinweise auf Zusammenhänge zwischen den beiden Konstrukten: Schülerinnen und Schüler, die von Lehrkräften mit Vorstellungen, die dem motivierenden Lernen sowie der Orientierung an Conceptual Change und Schülervorstellungen nahestanden, unterrichtet

wurden, zeigten einen größeren Lernfortschritt als Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkräfte praktizistische, transmissive oder Laissez-faire-Vorstellungen äußerten.

Im Rahmen der IPN-Videostudie fanden Seidel und Kollegen (2008) keine Hinweise auf bedeutende Effekte der erfassten Lehrerüberzeugungen (Wissenschaftsverständnis, Überzeugungen über das Lernen) auf die über ein Jahr kumulierten Lernzuwächse (inhaltliches Wissen, begriffliches Verständnis) oder auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler. Sie führen dies jedoch u. a. auf eine unbefriedigende Qualität der eingesetzten Instrumente zurück.

In der an die PISA-Studie angeschlossenen COACTIV-Studie wurden neben weiteren Kompetenzfacetten auch die unterrichtsbezogenen Überzeugungen der befragten Mathematiklehrkräfte der Sekundarstufe I sowie die Mathematikleistungen der von ihnen unterrichteten Schülerinnen und Schüler erfasst. Da zusätzlich Schülerurteile über die Unterrichtsgestaltung vorlagen, konnte der vollständige Wirkungszusammenhang zwischen Lehrer-, Unterrichts- und Schülervariablen untersucht werden. In einer repräsentativen Längsschnittuntersuchung mit 155 Lehrkräften und deren Klassen konnte anhand von Mehrebenenstrukturgleichungsmodellen gezeigt werden, dass die erfassten Überzeugungen mit den Mathematikleistungen der Lernenden zusammenhängen (Voss et al., 2011). Dabei erwiesen sich Überzeugungen, die dem Konstruktivismus nahestanden (u. a. Mathematik als Prozess, selbstständiges und verständnisvolles diskursives Lernen), als lernförderlich, transmissiv ausgerichtete Überzeugungen (u. a. Mathematik als Toolbox, rezeptives Lernen durch Beispiele und Vormachen) dagegen als nachteilig für den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler. Die Zusammenhänge wurden durch Aspekte der Unterrichtsgestaltung, insbesondere durch das Potenzial zur kognitiven Aktivierung, mediiert.

Auch im Rahmen der BiTe-Studie wurden Überzeugungen von Lehrkräften mit Schülervariablen in Beziehung gesetzt, ebenso unter Einbezug der über Schülerurteile erfassten Unterrichtsgestaltung (Schroeder et al., 2011). Bei den 46 untersuchten Klassen der Sekundarstufe I und ihren 108 Lehrkräften der Fächer Biologie, Erdkunde und Deutsch zeigte sich ein Effekt der Lehrerüberzeugungen auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler (Schroeder et al., 2011): Die Lehrerüberzeugung, dass die Vermittlung von Strategien zum Umgang mit Texten und visuell-graphischen Repräsentationen im Unterricht wichtig ist, hing positiv mit der Motivation der Schülerinnen und Schüler im Bereich der Bild-Text-Integrations zusammen. Die Überzeugung, dass Schülerinnen und Schüler selbständig ein Verständnis von Texten und visuell-graphischen Repräsentationen entwickeln sollten, ging dagegen mit einer geringeren Motivation einher. Der Effekt wurde über Aspekte der Unterrichtsgestaltung vermittelt.

Verschiedene empirische Studien liefern also Hinweise auf einen bedeutsamen Einfluss unterrichtsbezogener Überzeugungen einer Lehrkraft auf Variablen auf Schülerebene, wobei die mediiierende Wirkung der Unterrichtsgestaltung bei empirischen Untersuchungen zu bedenken ist.

3.3 Verwandte Konstrukte

Wie bereits einführend angemerkt, fehlt es in der Überzeugungsforschung an einheitlichen Begriffsdefinitionen sowie einer trennscharfen Abgrenzung der Überzeugungen zu eng verwandten Konstrukten. Im Folgenden werden drei der wichtigsten überzeugungsnahen Konstrukte – *Vorstellungen*, *subjektive Theorien* und *Einstellungen* – beschrieben und vor dem Hintergrund ihrer Verwendung in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung auf mögliche Unterscheidungsmerkmale hin beleuchtet. Bezüglich der Konstrukte und ihrer Unterscheidungsmerkmale werden Tendenzen beschrieben werden, die für die aktuellere naturwissenschaftsdidaktische Forschung beobachtet werden können. Bedingt durch unterschiedliche Forschungstraditionen, -schwerpunkte und -methoden im Bereich der Lehrerkognitionen finden sich Studien, die von den beschriebenen Tendenzen abweichen.

3.3.1 Vorstellungen

Ein verbreiteter Terminus zur Beschreibung von Lehrerkognitionen sind die sogenannten *Vorstellungen*. Häufig wird als englisches Pendant der Begriff *conceptions* herangezogen. In ihrem Aufsatz zu *Teachers beliefs and conceptions* beschreibt Thompson (1992) *conceptions* in Abgrenzung zu *beliefs* als „a more general mental structure, encompassing beliefs, meanings, concepts, propositions, rules, mental images, preferences, and the like“ (Thompson, 1992, S. 130). Auch in der deutschen Bildungsforschung findet sich diese Auffassung von Vorstellungen als Konstrukt, das neben Überzeugungen weitere Anteile in Form von epistemologisch validiertem Wissen enthält (Kleickmann, Vehmeyer, & Möller, 2010). Als Konsequenz dieser Konzeption werden Vorstellungen von einigen Autoren als Komponente des fachspezifisch-pädagogischen Wissens einer Lehrkraft (PCK) angesehen und damit dem Professionswissen zugeordnet (vgl. u. a. Grossman, 1990; Kleickmann, 2008; Kleickmann, Vehmeyer, & Möller, 2010). In anderen Arbeiten aus dem deutschsprachigen Raum wird der Begriff der *Vorstellungen* wiederum als Entsprechung des englischen Begriffs *beliefs* gesehen (z. B. Markic & Eilks, 2007).

Trotz vorhandener unterschiedlicher theoretischer Akzentuierung besteht bei der empirischen Untersuchung von Vorstellungen und Überzeugungen eine große Schnittmenge. So finden sich in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung Studien zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen (Hartinger et al., 2006; Kleickmann et al., 2010; Koballa, Glynn, & Upson, 2005; Koballa, Graber, Coleman, & Kemp, 2000;

Lee, Johanson, & Tsai, 2008; Yung, Zhu, Wong, Cheng, & Lo, 2013) oder zum unterrichteten Fach (Abell & Smith, 1994), die sich in ihrer Operationalisierung und methodischen Vorgehensweise nicht wesentlich von Studien der Überzeugungsforschung unterscheiden. Daher werden die Konstrukte in bestimmten Bereichen als austauschbar gesehen (für den Bereich der Vorstellungen bzw. Überzeugungen zum Lehren, vgl. Yung et al., 2013, S. 2437). Für andere Bereich gilt dies nicht, beispielsweise für Studien, die sich – analog zur klassischen Schülervorstellungsforschung – auf fachspezifische Begriffe oder Konzepte beziehen (z. B. Lehrervorstellungen über die Position von Sonne und Mond, vgl. Trumper, 2003, oder die Klassifikation von Tieren, vgl. Burgoon & Duran, 2012). Hier ist der Begriff der Vorstellungen etabliert.

3.3.2 Subjektive Theorien

Ein weiterer relevanter Begriff bei der Erforschung mentaler Strukturen von Lehrkräften sind die sogenannten *subjektiven Theorien*, die unter anderem im Rahmen der Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“ untersucht wurden (Müller, 2004). Der Begriff geht auf das in den 1970er Jahren initiierte Forschungsprogramm *Subjektive Theorien* (FST) zurück (Groeben, Wahl, Schlee, & Scheele, 1988). Dieses basiert auf der Annahme, dass das Alltagsdenken von Menschen dem Denken von Wissenschaftlern in gewissen Funktionen gleicht (Groeben et al., 1988). Subjektive Theorien werden in diesem Zusammenhang als „Kognitionen der Selbst- und Weltsicht, als komplexes Aggregat mit (zumindest impliziter) Argumentationsstruktur“ (Groeben et al., 1988, S. 19) definiert. Eine Person stellt demnach, analog zu einem Wissenschaftler, Hypothesen über sich und seine Umgebung auf, die es ihr ermöglichen, sich die Welt zu erklären, Vorhersagen zu treffen und Handlungsentscheidungen zu treffen sowie Handlungspläne abzuleiten und zu verwirklichen (Groeben et al., 1988). Nur wenn zwischen diesen Hypothesen eine argumentative Verbindung vorliegt, kann auch von subjektiven Theorien gesprochen werden (Groeben et al., 1988). Des Weiteren gelten nur solche Kognitionen als subjektive Theorien, die im Dialog-Konsens aktualisierbar und rekonstruierbar sind (vgl. Groeben et al., 1988, S. 19). Hierzu kommt in der Regel eine komplexe Erhebungsmethodik aus kommunikativer und explanativer Validierung zum Einsatz, die Interviews und Strukturlegetechniken umfasst (Groeben & Scheele, 2010; Scheele & Groeben, 1988). Im Vergleich zu Überzeugungen können subjektive Theorien daher als definatorisch und methodisch voraussetzungsreicher angesehen werden. Vor dem Hintergrund, dass der Terminus eng an das beschriebene Forschungsprogramm gebunden ist, erscheint eine Verwendung dann empfehlenswert, wenn Studien theoretisch und methodisch an entsprechende Vorarbeiten angeschlossen.

3.3.3 Einstellungen

Einstellungen (*attitudes*) werden traditionell in der sozialpsychologischen Forschung untersucht. In einer einflussreichen Definition werden sie als „psychological tendency that is expressed by evaluating a particular entity with some degree of favour or disfavour“ beschrieben (Eagly & Chaiken, 1993, S. 1). Einstellungen wurden sowohl als mehrdimensionales als auch als eindimensionales Konstrukt konzipiert: Unter den mehrdimensionalen Ansatz fällt insbesondere das so genannte *Drei-Komponenten-Modell*, nach dem sich eine Einstellung aus einer kognitiven, affektiven und verhaltensbezogenen Komponente zusammensetzt (Olson & Zanna, 1993; Rosenberg & Hovland, 1960). Im Gegensatz dazu gehen *Ein-Komponenten-Modelle* davon aus, dass der eigentliche Bewertungsvorgang auf einer einzigen Komponente beruht. Hierbei wird die Einstellung beispielsweise allein über die affektive Reaktion der Probanden erfasst (vgl. Thurstone, 1928).

In der empirischen Forschung liegt eine Vielzahl an Studien vor, die sich mit Einstellungen im Bereich der Naturwissenschaften beschäftigt (für einen Überblick siehe Osborne, Simon, & Collins, 2003; Potvin & Hasni, 2014). Anders als bei Vorstellungen und subjektiven Theorien werden Einstellungen und Überzeugungen häufiger gemeinsam, d. h. in ein und derselben Untersuchung, erhoben (z. B. Beck et al., 2000; Beswick, 2006; Desouza & Czerniak, 2003; McGinnis et al., 2002). Oft beziehen sich diese Studien auf die *Theorie des geplanten Verhaltens* (vgl. Kapitel 3.2.3). Dabei werden Einstellungen als tendenziell affektiv-emotional, Überzeugungen dagegen als tendenziell kognitiv operationalisiert.

3.4 Erfassung von Überzeugungen

Überzeugungen sind nicht direkt beobachtbar, sondern werden unter Zuhilfenahme psychologischer Verfahren aus Äußerungen und/oder Taten abgeleitet (Rokeach, 1968). In der Forschung haben sich zahlreiche Methoden zur Erfassung von Überzeugungen etabliert (Bryan, 2012; Fischler, 2001; Priemer, 2006). Hierbei lassen sich zunächst grob qualitative und quantitative Verfahren unterscheiden.

In qualitativen Verfahren wird angestrebt, themenbezogene Überzeugungen in ihrer individuellen Tiefenstruktur zu erforschen. Dabei werden vor allem verbale (z. B. Interviewtranskripte, Einträge in Unterrichtstagebüchern oder Portfolios), aber auch visuelle Materialien (z. B. Zeichnungen) analysiert. Zu den in der Überzeugungsfor- schung populärsten qualitativen Erhebungsverfahren gehört das Interview (Jones & Carter, 2007). Probanden werden dabei im Rahmen eines Gesprächs zu ihren Über- zeugungen hinsichtlich eines bestimmten inhaltlichen Teilgebiets befragt. Die metho- dischen Stärken von Interviews liegen in der offenen und flexiblen, durch die Sprache des Befragten geprägten Kommunikation sowie in der Möglichkeit zur diskursiven

Verständigung über Themen, Aussagen und Interpretationen (Hopf, 2008; Lamnek, 2005; Priemer, 2006). Je nach Schwerpunktsetzung kommen verschiedene Interviewvarianten zum Einsatz.

Sehr häufig vertreten sind – zumeist halbstandardisierte – Leitfadeninterviews, bei denen vor Beginn der Befragung relevante Aspekte des Untersuchungsgebietes theoriegeleitet identifiziert und in Form eines Leitfadens ausformuliert werden (Bortz & Döring, 2006; Mayer, 2004). Der Leitfaden dient als Strukturierungs- und Orientierungshilfe im Gespräch (Lamnek, 2005): Zum einen trägt er dazu bei, dass alle für das Themengebiet relevanten Aspekte im Rahmen des Interviews auch tatsächlich angesprochen werden. Zum anderen steigert er die Vergleichbarkeit der gewonnenen Aussagen für die Datenauswertung. Da der Gesprächsverlauf in der konkreten Interviewsituation nicht immer vorhersagbar bzw. lenkbar ist, kann – je nach Grad der Standardisierung – situationsabhängig vom Leitfaden abgewichen werden. Zudem können bei Bedarf spontan aufkommende Fragen, sogenannte Ad-hoc-Fragen, gestellt werden.

Als weitere Interviewvarianten zur Erfassung von Überzeugungen werden Stimulated Recall Interviews (Calderhead, 1981), Interviews in Kombination mit Strukturlegungsverfahren (Groeben & Scheele, 2010) sowie mit Repertory-Grid-Techniken (Solas, 1992) eingesetzt.

Neben qualitativen Methoden lassen sich für die Erhebung von Überzeugungen quantitative Verfahren einsetzen. Bei quantitativen Verfahren steht vor allem die Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten im Vordergrund; die Messungen der Konstrukte weisen einen entsprechend hohen Grad an Standardisierung auf (Bortz & Döring, 2006). In der Überzeugungsforschung vorherrschend ist der Einsatz von Ratingskalen. Dabei werden die Befragten dazu aufgefordert, themenbezogene Aussagen auf einer mehrstufigen Ratingskala einzuschätzen. Die Ratingskala spiegelt ein Merkmalskontinuum wider, das abschnittsartig quantifiziert wird und so numerisches, als intervallskaliert interpretierbares Datenmaterial liefert (Hussy, Schreier, & Echterhoff, 2013). Die einzelnen Items werden im Zuge der Datenauswertung in der Regel zu möglichst reliablen Skalen zusammengefasst.

Welcher methodische Ansatz verfolgt wird, hängt unter anderem vom Forschungsgegenstand, von der Phase des Forschungsprozesses und der Stichprobengröße ab (Hussy et al., 2013). Qualitative Verfahren ermöglichen eine umfassende Analyse weniger Fälle und kommen häufig dann zum Einsatz, wenn neue Forschungsfragen generiert oder neue Forschungsgebiete erschlossen werden sollen. In quantitativen Verfahren dagegen können Variablen anhand großer Stichproben gemessen und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn konkrete

Zusammenhänge zwischen Variablen untersucht und dabei möglichst allgemeingültige Aussagen angestrebt werden.

Eine Möglichkeit, beide Verfahren zu kombinieren, bilden sogenannte Mixed-Methods-Ansätze (Johnson & Onwuegbuzie, 2004; Johnson, Onwuegbuzie, & Turner, 2007; Mayring, Huber, Gürtler, & Kiegelmann, 2007). Mixed-Methods-Studien gelten im Rahmen der aktuellen empirischen Bildungsforschung als ein Mittel, sich den häufig komplexen und vielschichtigen Untersuchungsgegenständen mehrperspektivisch und multikriterial zu nähern und zu einem umfassenderen Verstehen und besseren Erklären der Sachverhalte und Zusammenhänge zu gelangen (Gläser-Zikuda, Seidel, Rohlf, Gröschner, & Ziegelbauer, 2012). Dabei können die qualitativen und quantitativen Methoden sequentiell oder gleichzeitig eingesetzt werden (Leech & Onwuegbuzie, 2009; Mayring et al., 2007).

Unabhängig von der Erhebungsmethode beruhen die meisten Forschungsbefunde zu Lehrerüberzeugungen – einschließlich der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit – auf der Analyse von Selbstauskünften.⁹ In der Überzeugungsforschung spricht man bei direkt geäußerten Überzeugungen auch von „espoused beliefs“ (Bryan, 2012). Ein Grundproblem der auf Selbstauskünften basierenden Diagnostik ist eine mögliche Verzerrung der Angaben durch eine positive Selbstdarstellung der Probanden, die häufig auf das Phänomen der sozialen Erwünschtheit zurückgeht (Holtgraves, 2004; Mummendey, 1995). Die Stärke und die Form, in der sozial erwünschtes Antwortverhalten im Rahmen empirischer Untersuchungen auftritt, ist häufig nur bedingt vorhersagbar (Bortz & Döring, 2006). Es existieren jedoch Maßnahmen, einem verzerrten Antwortverhalten entgegenzuwirken, wie beispielsweise der Einsatz von Kontrollskalen, das Hinweisen auf Anonymität oder das Vorschalten von Instruktionen, in denen die Probanden zu einem ehrlichen Antwortverhalten aufgefordert werden (Bortz & Döring, 2006; Mummendey, 1981; Mummendey, 1995).

⁹ In anderen Forschungsbereichen kommen auch implizite Messverfahren zum Einsatz, die statt Selbstauskünften Reaktionszeitdaten nutzen, um auf Überzeugungen und Einstellungen der Probanden zu schließen. Ein populäres Instrument dieser Art ist der *Implizite Assoziationsstest* (IAT) (Greenwald, McGhee, & Schwartz, 1998), in dem die Probanden an einem Computer möglichst spontan auf bestimmte Stimuli reagieren. Das Verfahren eignet sich für die Erfassung relativer Überzeugungen (d. h. Überzeugungen über einen Gegenstand im Vergleich zu einem anderen) und wird beispielsweise im Bereich der politischen Psychologie oder in der Stereotypenforschung eingesetzt.

Kapitel 4

Zielsetzung

Wie in Kapitel 2 herausgearbeitet, ist die Förderung von Kompetenzen im Umgang mit Fachsprache sowohl aus fachdidaktischer als auch aus bildungspolitischer Perspektive ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zu den Fähigkeiten, die Lernende vor dem Hintergrund einer umfassenderen Auffassung von Fachsprache erwerben sollen, gehören insbesondere die Interpretation und Konstruktion fachsprachlicher Repräsentationen (vgl. Kapitel 2.3). Beide Aspekte gehen mit spezifischen Anforderungen einher; resultierende Lern- und Verständnisschwierigkeiten sind bei Lernenden unterschiedlichen Alters nachgewiesen worden (vgl. Kapitel 2.3.2). Aus fachdidaktischer Sicht (vgl. Kapitel 2.3.2.2) wird gefordert, den Umgang mit fachsprachlichen Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht explizit zu besprechen und zu üben. Obwohl die Unterrichtsplanung und -gestaltung aktuellen Modellen und Erkenntnissen der Unterrichtsforschung nach wesentlich durch die professionelle Kompetenz von Lehrkräften bestimmt wird (vgl. Kapitel 3.1), liegen bisher wenige Studien vor, die professionelle Kenntnisse, Fähigkeiten und Sichtweisen zum Umgang mit Formen der Fachsprache auf Seiten von Lehrkräften untersuchen. Die vorliegende Dissertation schließt diese Forschungslücke im Bereich der unterrichtsbezogenen Überzeugungen von Lehrkräften als Aspekt der professionellen Lehrerkompetenz. Hierbei hat sie das Ziel, Überzeugungen von Biologielehrkräften im Bereich der Fachsprache zu untersuchen. Hierzu wurden zwei Studien durchgeführt.

In einer *Interviewstudie* wurden Überzeugungen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Fachsprache explorativ untersucht. Die Studie lieferte erste Einblicke in Überzeugungen zum Umgang mit Fachsprache und zielte dabei auf eine offene und flexible, durch die Sprache der Befragten geprägte Erfassung der individuellen Konzeptionen von Fachsprache und ihrer Bedeutung für das Lernen im Fach Biologie.

In einer *Fragebogenstudie* wurde aufgrund der hohen Relevanz für die Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Kapitel 2.3.2) auf Diagramme, genauer Achsendiagramme, als bildliche fachsprachliche Repräsentation fokussiert. Die Studie zielte auf die Erfassung und Charakterisierung der Überzeugungen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Achsendiagrammen (vgl. Kapitel 2.3.2), sowie die Untersuchung von Zusammenhängen mit Variablen auf der Unterrichts- und Schülerschulebene. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen lagen keine geeigneten Instrumente vor, die entsprechende Überzeugungen im Sinne des Forschungsvorhabens erfassen. Daher wurden Skalen aus vorhandenen Instrumenten (McElvany et al., 2010) adaptiert bzw. neu entwickelt. Bezüglich des Umgangs mit Diagrammen wurde zwischen Lesen und Erstellen unterschieden, da diese sowohl in fachdidaktischen Modellen im Kompetenzbereich Kommunikation (Ziepprecht et al., 2017; Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007; von Kotzebue & Nerdel, 2012) als auch in den curricularen Vorgaben im Fach Biologie (KMK, 2005a) als unterschiedliche Prozesse bzw. Fähigkeiten gelten, die getrennt voneinander förderbar sind.

Hintergrund und Ergebnisse der beiden Studien werden in fünf, teilweise publizierten Einzelbeiträgen dargestellt:

- Die Publikation in *Kapitel 5* zeigt Ergebnisse der Interviewstudie, in der Überzeugungen von Lehrkräften zur Konzeption und Bedeutung von Fachsprache im Biologieunterricht exploriert wurden.
- Die unterrichtspraktische Publikation in *Kapitel 6* gibt einen Überblick über relevante fachdidaktische Grundlagen zum Lehren und Lernen mit Diagrammen im Unterricht. Hierbei wird skizziert, welche spezifischen Anforderungen der Umgang mit Achsendiagrammen an Lernende stellt. Zudem werden Zugänge zur Untersuchung wesentlicher Voraussetzungen der Förderung von Diagrammkompetenz auf Seiten der Lehrkraft aufgezeigt.
- In *Kapitel 7* werden die Ergebnisse zur Erfassung und Charakterisierung der Überzeugungen im Bereich des Lesens von Diagrammen dargestellt. Dabei wird auch auf Zusammenhänge zwischen den Überzeugungsausprägungen und verschiedenen personen- und berufsbezogenen Merkmalen eingegangen.
- In dem Manuskript in *Kapitel 8* werden die Ergebnisse zur Erfassung und Charakterisierung der Überzeugungen im Bereich des Erstellens von Diagrammen dar-

gestellt. Da Untersuchungen darauf hinweisen, dass das Konstruieren von bildlichen Repräsentationen nur selten in den Biologieunterricht integriert wird (Nitz, 2012; Nitz et al., 2014), wurde zusätzlich die intrinsische Motivation der Lehrkräfte in diesem Bereich erfasst. Neben der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen der Ausprägung der Überzeugungen und der Motivation sowie verschiedenen personen- und berufsbezogenen Merkmalen werden auch Selbstberichte zu Unterrichtspraktiken im Bereich des Erstellens von Diagrammen ausgewertet.

- In Kapitel 9 wird vor dem Hintergrund einer möglichen handlungsleitenden Funktion von Lehrerüberzeugungen und ihrem durch Unterrichtsangebote vermittelten Einfluss auf Schülervariablen (vgl. Kapitel 3.2.3) untersucht, inwiefern spezifische Überzeugungen bedeutsam für Aspekte der Unterrichtsgestaltung sowie für relevante Zielvariablen auf Seiten der Lernenden sind. Mit dem expliziten Üben des Umgangs mit Diagrammen wurde dabei ein Aspekt betrachtet, der in der Literatur als besonders wichtiges Qualitätsmerkmal hinsichtlich eines lernförderlichen Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen angesehen wird (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Auf Seiten der Lernenden wurde mit den Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich des Lesens bzw. Erstellens von Diagrammen eine bedeutende Zielvariable auf Schülerebene in den Blick genommen (vgl. Kapitel 2.3.2.1). Zur Untersuchung des Wirkzusammenhangs zwischen Lehrerüberzeugungen, Unterrichtsgestaltung und Selbstwirksamkeitserwartungen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler wurden Daten von 68 Klassen und ihren Biologielehrkräften mehrbenenanalytisch ausgewertet.

In der folgenden Abbildung werden die wichtigsten Informationen zum Aufbau der Dissertation noch einmal zusammengefasst:

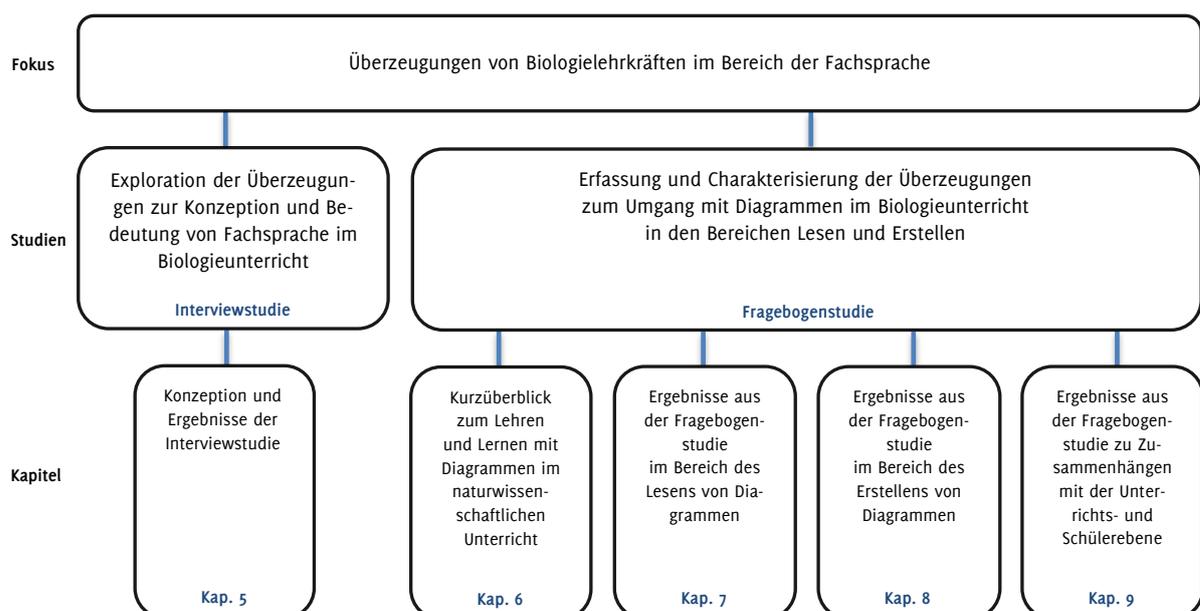


Abbildung 4. Übersicht zu Fokus, Studien und Kapitel der Dissertation

Kapitel 5

Lehrerüberzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht

Dieser Beitrag wurde veröffentlicht unter:

Enzingmüller, C., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2012). Lehrerüberzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner, & S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 183–194). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

5.1 Einleitung

In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsliteratur wird der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht eine besondere Bedeutung beigemessen (Fischer, 1998; Stäudel, Franke-Braun, & Parchmann, 2008; Wellington & Osborne, 2001; Yore, Bisanz, & Hand, 2003; Yore & Treagust, 2006). Domänenspezifische Kommunikationsfähigkeiten werden als notwendige Werkzeuge für die Bedeutungsgenese und den Wissenszuwachs gesehen (Prain & Waldrip, 2010). Norris und Phillips (2003) bestimmen die Fähigkeit zum Umgang mit der naturwissenschaftlichen Sprechweise in Wort und Schrift als Voraussetzung für den konzeptuellen und prozeduralen Wissenserwerb im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie als Fundament von Scientific Literacy.

In ähnlicher Weise wird in den KMK-Bildungsstandards die Fähigkeit, die „Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren“ als Ziel naturwissenschaftlicher Bildung genannt (KMK, 2005a, S. 6). Im Rahmen des für die naturwissenschaftlichen Fächer formulierten Kompetenzbereichs Kommunikation wird fachliche Kommunikation demgemäß nicht nur als Unterrichtsmittel, sondern auch als Lerngegenstand definiert. Das Fach Biologie leiste einen unterrichtlichen Beitrag zum Ausbau der Sprachkompetenz, vor allem durch die Förderung der fachlich basierten Lese- und Mitteilungsfähigkeit: „Die Lernenden tragen ihre individuellen Alltagsvorstellungen in den Fachunterricht hinein und umgekehrt fachliche Konzepte und Fachsprache in die Alltagssprache zurück. Dadurch erreichen Schülerinnen und Schüler eine Diskursfähigkeit über Themen der Biologie, einschließlich solcher, die von besonderer Gesellschafts- und Alltagsrelevanz sind.“ (KMK, 2005a, S. 11).

In der biologiedidaktischen Forschung gilt der von den Lehrkräften zu gestaltende, adäquate Umgang mit Fachsprache als fachspezifisches Merkmal der Unterrichtsqualität (Wüsten, Schmelzing, Sandmann, & Neuhaus, 2008). Bisher liegen jedoch kaum Erkenntnisse über die professionelle Kompetenz von Lehrkräften in diesem Bereich vor. Die vorgestellte Studie fokussiert auf unterrichtsbezogene Überzeugungen als einen Aspekt der professionellen Lehrerkompetenz und setzt sich zum Ziel, Lehrerüberzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht zu untersuchen. Dabei wird angenommen, dass die Art und Weise sowie der Umfang der Integration der Fachsprache in den Biologieunterricht durch die Überzeugungen der jeweiligen Lehrkraft bestimmt wird. Einem Mixed-Methods-Ansatz folgend wurden die Überzeugungen im Rahmen einer Vorstudie zunächst qualitativ-explorativ mit Hilfe von halbstandardisierten Interviews erhoben. Für eine sich anschließende Hauptstudie sollen dann unter Berücksichtigung der Interviewdaten sowie aktueller Forschungsliteratur Items konstruiert werden, die die Überzeugungen von Lehrkräften zum Umgang mit

Fachsprache quantitativ erfassen. Die über den Fragebogen erhobenen Überzeugungen werden dabei mit fachsprachlichen Aspekten des von den Lehrkräften gehaltenen Unterrichts in Beziehung gesetzt und verglichen. Damit sollen mögliche Zusammenhänge von Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsgestaltung bezüglich der Fachsprache im Unterricht aufgeklärt werden.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es zum einen, erste Ergebnisse der Interviews aus der Vorstudie zu berichten und zum anderen darzustellen, wie die aus den Interviews gewonnenen Kategorien für das quantitativ deduktive Verfahren der Hauptstudie operationalisiert werden.

5.2 Theoretischer Hintergrund

5.2.1 Sprache und Lernen in den Naturwissenschaften

Sprache ist ein essentielles Medium naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens (Bungarten, 1981; Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996). Wissen wird im Rahmen eines naturwissenschaftsspezifischen Diskurses konstruiert, verhandelt, bewertet und kommuniziert. Dabei formt das Wesen naturwissenschaftlichen Denkens die verwendete Sprache und umgekehrt (Hand et al., 2003). Die spezifischen Kommunikationsbedürfnisse der naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen manifestieren sich im mündlichen und schriftlichen Sprachgebrauch. Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden Lernende daher nicht nur mit neuen Fachinhalten konfrontiert, sondern zugleich in die naturwissenschaftliche Sprech- und Schreibweise eingeführt (Ford & Forman, 2006; Gee, 2005).

In sprachwissenschaftlichen Analysen wird die naturwissenschaftliche Fachsprache als eigene Sprachvarietät bestimmt, die spezifische verbale und nonverbale Formen der fachbezogenen Verständigung umfasst (Fluck, 1992). Für die naturwissenschaftsdidaktische Forschung liefert Rincke (2010a) eine theoretische Konzeptualisierung von Fachsprache, der eine strukturelle Trennung zwischen deskriptiven und normativen Merkmalen zugrunde liegt. Das deskriptive Moment von Fachsprache bestimmt, wodurch sich Fachsprache typischerweise auszeichnet. Dies wurde im Rahmen von sprachwissenschaftlichen Analysen lange Zeit vornehmlich lexikalisch, d. h. über das Fachvokabular, abgehandelt. Nach und nach gewannen syntaktische und insbesondere auch pragmatische Aspekte der Fachsprache an Bedeutung. Hiermit rückte zunehmend die Kommunikationssituation in den Fokus, in die Fachsprache jeweils funktional eingebunden ist (Roelcke, 2005).

In normativer Hinsicht steht die Frage nach einer gelungenen Form der Fachsprache (und damit auch nach ihrer Vermittlung) im Rahmen des naturwissenschaftlichen Un-

terrichts im Mittelpunkt. Dabei werden wiederum lexikalische Aspekte der Fachsprache intensiv verhandelt. So beschäftigen sich empirische fachdidaktische Forschungsarbeiten mit dem Erlernen von Fachbegriffen und ihrer Verwendung im Unterricht (Rincke, 2011; Snow, 2010; Vollmer, 1980). Durch Schulbuchanalysen und Unterrichtsbeobachtungen ist bereits seit längerem bekannt, dass Lernende im naturwissenschaftlichen Unterricht oftmals mit einer Fülle von Begriffen konfrontiert werden und dies sich für verständnisvolle Lernprozesse eher als abträglich erweist (Berck & Graf, 1992; Graf, 1989). Doch nicht nur durch eine hohe Anzahl an Fachbegriffen ergeben sich Verständnisschwierigkeiten, sondern auch durch die teilweise unklare Grenze zwischen Fach- und Alltagsbegriffen, beispielsweise durch die Verwendung von alltäglichen Begriffen im naturwissenschaftlichen Kontext (Wellington & Osborne, 2001). Mit Blick auf die im Unterricht einzuführenden Fachbegriffe bedarf es also einer gezielten Planung hinsichtlich der Menge sowie einer bewussten Abgrenzung und Bezugnahme zwischen Fach- und Alltagssprache.

Welche Fachbegriffe für den jeweiligen Unterricht als relevant anzusehen sind, wird durch curriculare Vorgaben in Form der Stoff-, Rahmen- und Lehrpläne, die sich als Input-orientiert beschreiben lassen, weitgehend festgelegt. Mit Aufkommen der Output-Orientierung und den im Jahr 2005 eingeführten Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern (KMK 2005) wurde dieser Fokus merklich verschoben. Die Standards heben die kommunikativen Aspekte des Fachunterrichts hervor und verzichten auf die Angabe von Begriffen als zu lernende Inhalte. Daraus ergibt sich für Lehrkräfte die Notwendigkeit, sich – bei gegebener Unterrichtszeit – bewusst in dem Spannungsfeld zu verorten, das zwischen dem Erlernen von Fachbegriffen und dem Kommunizieren über Bedeutungen entstehen kann.

5.2.2 Überzeugungen von Lehrkräften

In der Lehrerexpertiseforschung wird der Erfolg von Lehr- und Lernprozessen unter anderem auf die didaktischen Entscheidungen der Lehrkraft zurückgeführt (Baumert & Kunter, 2006; Brunner et al., 2006). Die Grundlage dieser Entscheidungsprozesse bilden messbare persönliche Merkmale, deren Zusammenwirken als professionelle Handlungskompetenz einer Lehrkraft bezeichnet wird. Neben Wissenselementen, motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten zählen hierzu auch unterrichtsbezogene Überzeugungen, die in diesem Zusammenhang als pädagogisch relevante, subjektiv für wahr gehaltene Konzeptionen, die sowohl implizite als auch explizite Ausprägungen erfahren können, definiert werden (Baumert & Kunter, 2006; Brunner et al., 2006). In der Regel werden diese Überzeugungen nach Inhaltsbereichen differenziert und umfassen unter anderem Aspekte wie Wertbindungen, epistemologische Überzeugungen und Theorien des Lehrens und Lernens (Op't Eynde,

Corte, & Verschaffel, 2003). Bezogen auf Lehrkräfte wird davon ausgegangen, dass unterrichtsbezogene Überzeugungen die Vorbereitung, Gestaltung und Reflexion des Unterrichts beeinflussen (Calderhead, 1996; Thompson, 1992). Gleichzeitig wird angenommen, dass die Qualität der Unterrichtsgestaltung Einfluss auf die Entwicklung der Schülerleistung nimmt (Lipowsky, 2006). Empirische Arbeiten konnten diese Zusammenhänge bestätigen. Beispielsweise konnten Schroeder und Kollegen (2011) bezogen auf Aspekte der Text-Bild-Integration einen Einfluss der Überzeugungen von Biologie-, Geographie- und Deutschlehrkräften auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern zeigen. Die Unterrichtsgestaltung erwies sich hierbei als Mediator. Auch im Rahmen der COACTIV-Studie wurden für den Mathematikunterricht Zusammenhänge zwischen lerntheoretischen Überzeugungen und Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler festgestellt (Dubberke et al., 2008).

5.3 Zielsetzung und Fragestellung

Vor dem Hintergrund der Bedeutung der Fachsprache für den Biologieunterricht und der bedeutsamen Rolle der professionellen Lehrerkompetenz für die Unterrichtsqualität setzt sich die Studie zum übergeordneten Ziel, Überzeugungen von Biologielehrkräften zur Fachsprache und deren Zusammenhang zur Unterrichtsqualität zu untersuchen. Eine explorative Interviewstudie verfolgte zunächst das Teilziel, die Überzeugungen der Lehrkräfte qualitativ – und damit in ihrer Tiefenstruktur – zu untersuchen.

Dabei wurde folgenden Fragestellungen nachgegangen:

Wie charakterisieren Biologielehrkräfte die Rolle und Bedeutung der Fachsprache im Biologieunterricht?

Welche fachsprachlichen Merkmale und Anforderungen, die im Biologieunterricht erfüllt werden sollten, benennen Lehrkräfte?

5.4 Methodik

5.4.1 Forschungsmethode der gesamten Studie

In der Methodenlehre von Mayring (2002) bilden die Exploration und Deskription eines Gegenstandes die erste Phase einer Analyse bisher unerforschter Zusammenhänge. Da Aspekte der professionellen Lehrerkompetenz bezüglich des Umgangs mit Fachsprache kaum beschrieben sind, wurde zunächst eine explorative Interviewstudie durchgeführt, die dazu diente, auf das Thema bezogene Sichtweisen und Erfahrungen in ihrer Tiefenstruktur zu erfragen und sich mit den Befragten über die gegebenen Antworten diskursiv zu verständigen. In der anschließenden Hauptstudie sollen die Überzeugungen quantitativ erhoben und mit fachsprachlichen Aspekten des

von den Lehrkräften gehaltenen Unterrichts in Beziehung gesetzt werden. Somit folgt die Studie einem Mixed-Methods-Ansatz in Form eines Vorstudienmodells (Mayring, 2001). Die folgenden methodischen Ausführungen beziehen sich auf die qualitativ-explorative Vorstudie.

5.4.2 Methodik der Interviewstudie

5.4.2.1 Stichprobe

Insgesamt wurden 15 Biologielehrkräfte (acht davon weiblich) von fünf verschiedenen hessischen Gymnasien interviewt, die zum Zeitpunkt der Untersuchung alle in der Sekundarstufe II unterrichteten. Die Teilnahme an der Studie erfolgte freiwillig. Um eine möglichst breite Variation der subjektiven Perspektiven und Vorstellungen zu erhalten, wurde jedoch bei den befragten Lehrkräften auf eine große Streuung hinsichtlich der Fächerkombinationen und der Berufspraxis geachtet. Als Zweitfächer neben Biologie gaben die Lehrkräfte Erdkunde, Politik und Wirtschaft, Sport, Kunst, Deutsch, Französisch, Physik und Chemie an. Die Lehrkräfte besaßen zwischen zwei und 38 Jahren Unterrichtserfahrung ($M = 14,9$; $SD = 11,29$).

5.4.2.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte mit Hilfe von problemzentrierten, leitfadenstrukturierten Einzelinterviews (Witzel, 2000) Vor den Interviews wurden die Befragten über datenschutzrechtliche Aspekte aufgeklärt. Zudem wurde darauf hingewiesen, dass im Interview nicht das Fachwissen, sondern persönliche Vorstellungen und Ansichten interessieren, die nicht nach den Kategorien richtig oder falsch bewertet werden. Dies sollte zum einen verhindern, dass die Befragten das Interview als eine Prüfungssituation wahrnehmen und zum anderen Effekten der sozialen Erwünschtheit entgegenwirken. Am Anfang des Interviews wurden zunächst allgemeine und berufsbiographische Daten der befragten Lehrkräfte ermittelt. Der sich anschließende inhaltliche Teil enthielt zunächst übergreifende, allgemeine Fragen zum Kompetenzbereich Kommunikation. Die Lehrkräfte wurden gebeten, Besonderheiten bezüglich der Kommunikation im Unterrichtsfach Biologie zu benennen, diese mit ihrem zweiten Fach zu vergleichen sowie auszuführen, welche sprachlich-kommunikativen Fähigkeiten Schülerinnen und Schüler im Fach Biologie ihrer Meinung nach erwerben sollen. In einer zweiten Phase wurden Überzeugungen zum Verstehen und Verwenden von Fachsprache erfragt. Abweichungen vom Leitfaden in Form von Zusatzfragen und Nachfragen wurden zugelassen beziehungsweise explizit angestrebt, wenn beispielsweise eine Frage falsch verstanden wurde oder bei einer Antwort zusätzlicher Klärungsbedarf bestand. Die Interviews dauerten zwischen 20 und 72 Minuten und wurden digital aufgezeichnet.

5.4.2.3 Datenauswertung

Die Interviews wurden mit Hilfe eines Transkriptionsmanuals vollständig transkribiert. Anschließend fand eine inhaltsanalytische Auswertung in Anlehnung an Mayring (2008) statt. Zur verbesserten Transparenz und Übersichtlichkeit wurde hierfür das Computerprogramm MAXqda2007 (Kuckartz, 2010) verwendet. Hierbei wurde ein Mischverfahren aus deduktiver und induktiver Kategorienbildung angewandt. In einem ersten Codierungsschritt wurde das Datenmaterial nach aus der Theorie abgeleiteten und damit deduktiven Kategorien geordnet. Der zweite Schritt umfasste eine schrittweise Entwicklung und Überarbeitung von Subkategorien aus dem Material. Das Datenmaterial wurde hierzu mehrfach durchlaufen.

5.5 Erste Ergebnisse

5.5.1 Bedeutung der Fachsprache für den Biologieunterricht

Alle befragten Lehrkräfte betonten, dass das Erlernen von Fachsprache eine große Bedeutung für das Lernen im Biologieunterricht habe. Dies begründeten sie mit lexikalischen und pragmatischen Aspekten.

Auf lexikalischer Ebene betonten Lehrkräfte das Begriffslernen als wichtige Kompetenz im Biologieunterricht:

„Ja. Also ich, als wichtigste Kompetenz würde ich es ansehen, dass eben bestimmte Wörter wie Vokabeln sozusagen, also es ist ähnlich wie Vokabeln lernen, dass man eben diese Fachausdrücke, ja, erst mal weiß natürlich, was damit beschrieben ist, was sie bedeuten und dann eben auch damit arbeitet entsprechend. Also, dass ein fremdes Wort sozusagen langsam in den eigenen Sprachgebrauch überfließt sozusagen. Also dass man das Wort dann einfach abrufen kann und nicht mehr wirklich überlegen kann, was ist das, sondern dass man wirklich gut damit arbeiten kann.“ (B5)

Das Fach Biologie wurde im Vergleich zu den jeweiligen Zweitfächern der Lehrkräfte als besonders terminusreich beschrieben und in diesem Zusammenhang oftmals mit dem Fremdsprachenunterricht verglichen:

„Und ähm, sie müssen es im Endeffekt wie eine dritte Sprache lernen. Also Bio hat so viele Fachbegriffe. Sie müssen mit diesen Fachbegriffen auch was anfangen können. Also es ist so ein bisschen fast wie Vokabellernen.“ (F2)

Auf pragmatischer Ebene wurde betont, dass gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht die Notwendigkeit einer gemeinsamen Kommunikationsbasis bestehe, die eine präzise, ökonomische und objektive Verständigung ermöglicht:

"...ich denke, dass die Kommunikation im Fach Biologie sich immer um die Fachsprache irgendwie so herumrankt, damit man eben auch, ja, damit man vom Gleichen spricht im Prinzip. Also die Fachsprache ist an sich die Basis, um im Biologieunterricht bestimmte Fakten oder Themenstellungen zu bearbeiten. Ja, es ist

eine Grundlage eigentlich, dass alle vom, auch das Gleiche meinen, über was sie da reden.“ (K2)

„Also Fachsprache vereinfacht eigentlich in der Biologie, wenn man sie richtig einsetzt, das Beschreiben von Inhalten, würde ich behaupten. Und was bei Schülern halt häufig passiert, weil sie einen Fachbegriff nicht verwenden, dass sie unendlich so um den heißen Brei erklären, aber nicht auf den Punkt kommen.“ (F4)

„Also ich glaube, dass man einfach für die Naturwissenschaften [die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer] sehr präzise sein muss. Und diese Präzision ist nur mit der Fachsprache möglich. Und wenn die fehlt, ist die Präzision eben nicht möglich.“ (F4)

5.5.2 Angemessene Verwendung der Fachsprache im Biologieunterricht

Ein Punkt, bei dem durchaus unterschiedliche – zum Teil gegenläufige – Überzeugungen ausgedrückt wurden, war die angemessene Verwendung von Fachsprache im Unterricht:

„In Biologie muss man immer darauf aufpassen, gerade jetzt so in der Mittelstufe und Anfang Oberstufe, dass sie nicht anfangen, einfach zu labern, sondern man muss sie immer zurückbringen auf einen möglichst präzisen Ausdruck.“ (F3)

„Dass da halt wirklich drauf geachtet wird, dass die neuen Begriffe, die eingeführt wurden, auch immer wieder an der richtigen Stelle verwendet werden und auch wirklich kommen. Weil die Schüler versuchen dann, sich da irgendwie so drumzulavieren und das halt in ihrer Sprache auszudrücken, aber großteils ohne den Begriff zu verwenden.“ (F5)

Einige Lehrkräfte waren hingegen der Überzeugung, dass gerade das Umschreiben eine wichtige Fähigkeit im Biologieunterricht darstellt:

„Gerade auch in Biologie ist es sehr wichtig, dass man sehr viel umschreiben kann, auch wenn man die Fachbegriffe noch nicht kennt, dass man eben dann sich Hilfsbegriffe ausdenkt.“ (B5)

„Und dann bin ich auch nicht der Fetischist, der alle Fachtermini unbedingt abfragt oder abhakt bei einer Klausur, sondern ich persönlich bin derjenige, der das Verständnis in der Antwort sucht.“ (B7)

Hierbei deutete sich an, dass insbesondere Biologielehrkräfte mit Chemie oder Physik als Zweitfach Wert auf die präzise Verwendung von Fachsprache legen.

5.5.3 Operationalisierung der Kategorien für die Hauptstudie

An dieser Stelle soll exemplarisch dargestellt werden, wie die aus den Interviews gewonnenen Kategorien für das quantitativ deduktive Verfahren der Hauptstudie operationalisiert werden. Da in der Hauptstudie auch nonverbale fachsprachliche Darstellungsformen wie Diagramme untersucht werden, sind vor allem die Kategorien von Interesse, die sich übergreifend bei mehreren Darstellungsformen finden lassen. Ein Beispiel hierfür ist die Kategorie „Kritischer Umgang“. Diesem Kriterium zufolge ist es der Lehrkraft wichtig, dass Schülerinnen und Schüler eine kritische Einstellung

gegenüber fachsprachlichen Darstellungsformen entwickeln. Dieses Überzeugungsmuster findet sich sowohl auf verbaler Ebene bei Fachbegriffen und Fachtexten als auch auf visueller Ebene bei Grafiken:

„Das heißt, ich muss darauf achten, was ich eben sage und wenn ich eben auch einen Artbegriff oder so verwende, der sehr schwierig ist, aber auch da versuche ich eben dann Schüler allerdings auch zur Kritikfähigkeit zu erziehen. Das heißt, sie müssen allerdings sich auch im Klaren darüber sein, welche Begriffe sind relativ klar und umstritten und welche Begriffe sind auch durchaus sowas wie Arbeitshypothesen oder so. Also, wo noch mit Inhalten gefüllt werden muss und wo sich auch was verändern kann.“ (K1)

„Also in der Oberstufe, dass man sich ganz unterschiedliche Texte anguckt. (...) So, und wenn man dann so zwei, also, ein und dasselbe aktuelle Thema hat und man hat vielleicht zwei Zeitungsartikel, von der einen und der anderen Zeitung, dass man einfach mal so eine Textanalyse vornimmt, wie viel Wissen steckt da jetzt drin. Erkennt man, ob der Reporter Ahnung hat oder erkennt man das nicht, hat er es irgendwo abgeschrieben oder wie auch immer. Ja, das spielt, also, bei mir, für mich spielt das eine große Rolle. Weil ich vermittel nicht nur Schmalspurfachwissen, sondern, so, ich verstehe das auch so als Gesellschaftswissen, Gesellschaftsaufgabe, die ich habe. Also, die müssen ja letztendlich beurteilen können, kann ich mich auf diesen Text verlassen, auf den Informationsgehalt dieses Textes oder sollte ich vielleicht doch darauf achten, welche Zeitung ich lese in welchem Bereich.“ (B6)

„Und ich sage den Schülern auch immer: Geht kritisch mit allen Grafiken und mit allen Tabellen um. Das geht so schnell, dass – gerade bei Tabellenwerten – weiß ich, die äh Kommas sich verschieben und dann habt ihr das Zehnfache, wo es eigentlich nicht sein dürfte. Geht kritisch damit um. Geht immer davon aus, es könnten Fehler darin sein. Und das muss man dann ja auch in der Wissenschaft. Das kann ja da auch leicht passieren.“ (B4)

Aus den Kategorien der Interviews werden Rating-Skalen zu einzelnen Überzeugungsfacetten gebildet, die von 1 („trifft überhaupt nicht zu“) bis 4 („trifft voll und ganz zu“) geratet werden sollen. Bei der Formulierung der einzelnen Items wird sich möglichst an den konkreten Formulierungen der Interviewten orientiert. Bezogen auf die Kategorie „Kritischer Umgang“ wurden beispielsweise Items wie „Es ist Aufgabe einer Biologielehrkraft, bei Schülern einen kritischen Umgang mit Fachbegriffen zu fördern“ oder „Schüler sollten sich stets darüber im Klaren sein, dass naturwissenschaftliche Fachbegriffe ihre Bedeutung verändern können“ generiert.

5.6 Diskussion und Ausblick

Ziel des vorliegenden Beitrags war es zum einen, erste Ergebnisse einer Interviewstudie zu Lehrerüberzeugungen in Bezug auf die Bedeutung und den Einsatz von Fachsprache im Biologieunterricht zu berichten. Zum anderen wurde an der Kategorie „Kritischer Umgang“ exemplarisch gezeigt, wie die qualitativen Ergebnisse konkret zur Konzeption der quantitativen Anschlussstudie verwendet werden.

Im Rahmen der Interviewstudie zeigte sich, dass Gymnasiallehrkräfte der Fachsprache eine große Bedeutung für den Biologieunterricht zuschreiben. Hierfür wurden sowohl Begründungen auf lexikalischer wie auch auf pragmatischer Ebene angeführt. In Bezug auf den angemessenen Einsatz von Fachsprache gibt es Hinweise auf einen Einfluss der Fächerkombination auf die Überzeugungen der Befragten. Insbesondere Lehrkräfte mit naturwissenschaftlichen Zweitfächern betonten die Wichtigkeit einer präzisen Verwendung von Fachbegriffen. Dieser Unterschied lässt sich aufgrund der geringen Stichprobenzahl der Interviewstudie jedoch nicht zufallskritisch absichern.

Generell ist zu den Ergebnissen der Vorstudie anzumerken, dass es sich um einen ersten, explorativen Schritt der Konzeptualisierung von Überzeugungssystemen in Bezug auf den Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht handelt. Durch die qualitative Ausrichtung und der mit ihr verbundenen geringen Anzahl an Befragten lassen sich keine Aussagen über die repräsentative Verteilung der Lehrkräfte auf einzelne Überzeugungsfacetten treffen. Die Ergebnisse können daher als Hinweise verstanden werden, denen in der Hauptstudie nachgegangen werden kann. In letzterer soll geprüft werden, ob sich die Überzeugungsmuster in Bezug auf den Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht bestätigen und damit statistisch absichern lassen. Hierbei sollten auch Lehrkräfte von weiteren Schulformen einbezogen werden, da sich gezeigt hat, dass Lehrerüberzeugungen schulformabhängig sein können (Baumert et al., 2004). Außerdem wird die Hauptstudie dazu dienen, den Einfluss der Lehrerüberzeugungen bezüglich der Fachsprache auf die Unterrichtsgestaltung zu analysieren. Sollten sich bestimmte Überzeugungssysteme als prädiktiv für bestimmte Unterrichtsmuster erweisen, wäre dies in nachfolgenden Interventionsstudien zu überprüfen. Schließlich wären Effekte bestimmter fachsprachlicher Unterrichtsmuster auf das fachliche Lernen der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen.

Kapitel 6

Diagramme als Lern- und Lehrmittel im Fach Biologie

Dieser Beitrag wurde veröffentlicht unter:

Enzingmüller, C., Kotzebue, L. von, Nerdel, C., & Prectl, H. (2014). Diagramme als Lern- und Lehrmittel im Fach Biologie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(8), 493–494.

6.1 Zusammenfassung

Diagramme sind ein häufig eingesetztes Lern- und Lehrmittel im Biologieunterricht. Man findet sie nicht nur in Schulbüchern und Unterrichtsmaterialien, sondern verstärkt auch in Lern-, Übungs- und Testaufgaben. In diesem Beitrag wird geklärt, welche spezifischen Anforderungen der Umgang mit Achsendiagrammen an Lernende stellt. Anschließend sollen Einblicke in laufende Studien gegeben werden, die Voraussetzungen und Einflussfaktoren des Erwerbs von Diagrammkompetenz im Fach Biologie in den Blick nehmen.

6.2 Diagramme in Naturwissenschaft und Schule

Diagramme gelten als zentrale bildliche Darstellungsform im Bereich der Naturwissenschaften. In ihrer Funktion, Relationen in umfangreichen quantitativen Datenbeständen zu visualisieren, eignen sich vor allem Achsendiagramme dazu, naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse kompakt und anschaulich darzustellen. Analysen naturwissenschaftlicher Forschungsartikel ergaben, dass beispielsweise im Bereich der Ökologie auf zehn Artikelseiten durchschnittlich mehr als vier Achsendiagramme abgebildet werden (Roth, Bowen & McGinn, 1999). Außer zur Darstellung von Forschungsergebnissen dienen Achsendiagramme als Denkwerkzeug im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Kozma, Chin, Russell & Marx, 2000). Die Visualisierung abstrakter Messdaten ermöglicht es Naturwissenschaftlern, Theorien zu reflektieren, Hypothesen aufzustellen und zu hinterfragen, Ergebnisse zu interpretieren sowie Schlussfolgerungen zu ziehen.

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass das Erlernen des sachgerechten Umgangs mit Diagrammen als ein Bestandteil naturwissenschaftlichen Lernens angesehen wird. So wird in vielen der neu eingeführten Rahmenlehrpläne die Schulung des Umgangs mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht explizit aufgegriffen. Auch in den nationalen Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer finden sich Standards, die sich auf Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen beziehen: Zu den Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler am Ende der 10. Jahrgangsstufe im Kompetenzbereich „Kommunikation“ erworben haben sollen, gehören u.a. der sachgerechte Umgang mit Diagrammen sowie die Veranschaulichung von Daten mit angemessenen bildlichen Gestaltungsmitteln (KMK, 2005).

Ein sachgerechter Umgang mit Achsendiagrammen stellt dabei hohe Ansprüche an Lernende. Kognitionspsychologische Studien weisen darauf hin, dass es Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten bereitet, von einer basalen Form der Informationsentnahme zu einem tiefergreifenden Verständnis von Trends sowie der dem Achsendiagramm zugrundeliegenden Datenstruktur zu gelangen (Kramarski, 2004). Zudem ist bekannt, dass Schülerinnen und Schüler häufig Fehlvorstellungen sowohl im Bereich

der Interpretation als auch der Konstruktion von Achsendiagrammen entwickeln (Mevarech & Kramarski, 1997).

Befunde wie diese verdeutlichen, dass die Förderung entsprechender Schülerkompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht notwendig ist, will man eine umfangreiche naturwissenschaftliche Grundbildung sowie eine sachgerechte Kommunikationskompetenz im Sinne der Bildungsstandards vermitteln (vgl. Kulgemeyer & Schecker, 2009).

6.3 Anforderungen beim Umgang mit Achsendiagrammen

Als mögliche Grundlage zur Diagnose und Förderung von Diagrammkompetenz wurde ein Kompetenzmodell entwickelt, das die relevanten Fähigkeiten zum Arbeiten mit Achsendiagrammen darlegt (Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007; Lachmayer, 2008). In Anlehnung an das integrative Modell zum Text- und Diagrammverstehen nach Schnotz (2001) werden hierbei die drei Komponenten *Informationsentnahme*, *Konstruktion* und *Integration* unterschieden.

Im Folgenden werden die drei Komponenten mit Beispielen veranschaulicht. Das vollständige Modell lässt sich aus Abbildung 5 entnehmen.

Informationsentnahme		Konstruktion		
Identifizierung	Erkennen der dargestellten Relation		Wahl des passenden Diagrammtyps	Aufbau des Rahmens
	Zuordnung der Variablen zu den Achsen		Zuordnung der Variablen zu den Achsen	
			Beschriften der Achsen	
	Zuordnung der Datenreihen zu den Symbolen ("Legenden")		Zeichnen einer Legende	
Beachten der Skalenreichweite		Zeichnen der Skalen		
Ablesen	1. Ordnung	Ablesen eines "Funktionswertes"	Eintragen der Punktwerte	Eintrag der Daten
	2. Ordnung	Vergleich zweier Werte oder Erkennen eines Trends (qualitativ/quantitativ)	Skizzierung einer Verbindungslinie zwischen Punkten oder freie Skizzierung einer Trendlinie*	
	3. Ordnung	Vergleich mehrerer Werte oder Vergleich von Trends (qualitativ/quantitativ)	Freie Skizzierung mehrerer Trends*	
	4. Ordnung	Extrapolieren/ Vorhersagen		
Integration				

Abbildung 5. Strukturmodell der Diagrammkompetenz (Lachmayer et al., 2007). Durch * gekennzeichnete Operationen beziehen sich ausschließlich auf Liniendiagramme. Die einzelnen Teilaspekte sind nicht nach Schwierigkeitsgrad angeordnet.

Die *Informationsentnahme* gliedert sich in die beiden Unterkomponenten *Identifizierung* und *Ablesen* (Lachmayer et al., 2007). Durch Identifikationsprozesse ist es dem Betrachter möglich, bereits ohne die Beachtung einzelner Datenpunkte eine Aussage über den im Diagramm dargestellten Zusammenhang zu treffen. Beispielsweise kann der Lernende erfassen, dass eine bestimmte Messgröße in Abhängigkeit zu einer anderen dargestellt wird. Beim Ablesen werden die konkreten Datenpunkte aus dem Diagramm entnommen und verglichen.

Bezüglich der *Konstruktion* werden – in Analogie zu den beiden Teilbereichen der Informationsentnahme – die Teilaspekte *Aufbau des Rahmens* und *Eintrag der Daten* unterschieden (Lachmayer et al., 2007). Zum Aufbau des Rahmens gehören unter anderem die Wahl des passenden Diagrammtyps sowie die Zuordnung der Variablen zu den Achsen. In diesen Bereich fällt auch die Konvention, die abhängige Variable auf der Ordinate und die unabhängige auf der Abszisse abzutragen. Unter den Eintrag der Daten fallen das Zeichnen von Punktwerten und gegebenenfalls das Skizzieren von Trendlinien.

Integration muss gedanklich dann geleistet werden, wenn Informationen sowohl in Text- als auch in Diagrammform dargestellt werden. Hierbei müssen Informationen aus beiden Repräsentationsformen zueinander in Beziehung gesetzt, also integriert werden. Es kann zwischen zwei Arten von Integration unterschieden werden (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007; von Kotzebue & Nerdel, 2012): Bei der informationsentnahmenahen Integration müssen Informationen aus Text und Diagramm entnommen und verknüpft in einem Text dargestellt werden. Bei der konstruktionsnahen Integration werden die aus Text und Diagramm entnommenen Informationen in einem Diagramm dargestellt.

Die drei Komponenten *Informationsentnahme*, *Konstruktion* und *Integration* konnten als getrennte Fähigkeiten identifiziert werden (Lachmayer, 2008), in einer weiteren Studie erwiesen sich zudem die zwei Arten der Integration als getrennte Komponenten (von Kotzebue & Nerdel, 2012). Die Fähigkeit, Informationen korrekt aus Diagrammen zu entnehmen, muss daher nicht mit der Fähigkeit einhergehen, Diagramme korrekt zu konstruieren oder Informationen aus verschiedenen Darstellungsformen zu integrieren. Somit scheint es für den unterrichtlichen Kontext von Bedeutung, jede dieser Fähigkeiten einzeln zu schulen und zu fördern.

6.4 Förderung von Diagrammkompetenz im Biologieunterricht

Wie kann es nun gelingen, die dargelegten Schülerfähigkeiten im Unterricht zu fördern? In Forschungsarbeiten der Universität Potsdam und der TU München werden Voraussetzungen und Einflussfaktoren des Erwerbs von Diagrammkompetenz im Fach Biologie untersucht. Ein Fokus liegt hierbei auf der Lehrkraft, deren didaktische

Entscheidungen maßgeblich zum Erfolg von Lehr- und Lernprozessen beitragen (Baumert & Kunter, 2006).

Die Studie von Enzingmüller (Enzingmüller, Nerdel & Prechtel, 2012) gibt Hinweise darauf, dass die Förderung von Schülerfähigkeiten im Umgang mit Diagrammen als relevantes Unterrichtsziel im Fach Biologie wahrgenommen wird. Der Fähigkeit des Lesens von Diagrammen wird dabei eine wichtigere Rolle zugeschrieben als der des Konstruierens. Im Rahmen der Studie wurden Biologielehrkräfte (N = 70) gebeten, Aussagen zum Themengebiet Diagramme auf einer vierstufigen Skala zu bewerten (1 = trifft gar nicht zu, 2 = trifft eher nicht zu, 3 = trifft eher zu, 4 = trifft völlig zu). Der Aussage „Es ist notwendig, im Biologieunterricht explizit zu erklären, wie man unterschiedliche Diagramme liest.“ stimmten 82,4% der Befragten zu, d. h. wählten die Optionen *trifft eher zu* oder *trifft völlig zu*. Bei der für den Bereich Konstruktion parallel formulierten Aussage „Es ist notwendig, im Biologieunterricht explizit zu erklären, wie man unterschiedliche Diagramme richtig erstellt.“ lag die Zustimmung bei 75%.

Über welche Wissens Elemente Biologielehrkräfte verfügen müssen, um Diagramme lernwirksam im Unterricht einzusetzen, wird in von Kotzebues Projekt (von Kotzebue & Nerdel, 2012) untersucht. Auf Basis der aktuellen Literatur zur Diagrammkompetenz und zur Lehrerprofessionalität wurden Komponenten zum Fachwissen und zum fachdidaktischen Wissen herausgearbeitet. Zum Fachwissen gehören die in 2 ausgeführten Komponenten der Diagrammkompetenz, die mehr oder weniger stark durch das inhaltliche biologische Wissen und/ oder das methodische Wissen über Diagramme beeinflusst werden. Das fachdidaktische Wissen umfasst das Wissen über (a) Schülerkognitionen, (b) Aufgaben und (c) Instruktionen in Bezug auf Diagramme (vgl. Brunner et al., 2006; von Kotzebue & Nerdel, 2012). In einer Fragebogenstudie mit angehenden Biologielehrkräften (N = 442) aus 19 Universitäten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz zeigte sich, dass es den Lehramtsstudierenden leichter fiel, Diagramme zu konstruieren, als Informationen aus Text und Diagramm zu entnehmen und gemeinsam integriert darzustellen. Das diagrammspezifische Fach- und fachdidaktische Wissen konnten als voneinander trennbare Fähigkeiten ermittelt werden, wobei die Fähigkeit, Integrationsaufgaben zu lösen, als Mittler zwischen dem inhaltlichen biologischen Wissen und dem fachdidaktischen Wissen fungiert und daher von besonderer Relevanz ist. Die Ergebnisse geben erste Hinweise darauf, dass fächerübergreifende Methoden – wie die Arbeit mit Diagrammen – speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht themenbezogen geübt und bereits in die universitäre Phase der Lehramtsausbildung integriert werden sollten, um diese speziellen Vermittlungskompetenzen zu stärken. Eine gute Möglichkeit für die Reflexion des Diagrammeinsatzes bieten hierbei die fachdidaktischen Schulpraktika (von Kotzebue, 2014).

Kapitel 7

Lehrerüberzeugungen zum Lesen von Diagrammen

7.1 Einleitung

Diagramme gelten als zentrale Repräsentationen in den Naturwissenschaften. Die graphische Visualisierung abstrakter Messzusammenhänge kann den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess unter anderem bei der Reflexion von Theorien, der Ableitung von Hypothesen, der Interpretation von Ergebnissen und dem Ziehen von Schlussfolgerungen unterstützen (Roth & McGinn, 1997). Neben der Verwendung als Denk- und Analysewerkzeug ermöglichen Diagramme eine kompakte und anschauliche Präsentation von Messdaten und finden sich daher häufig in naturwissenschaftlichen Forschungsartikeln (Roth, Bowen, & McGinn, 1999). Im Rahmen einer Analyse des Einsatzes von Graphiken in wissenschaftlichen Journals (z. B. Nature), Nachrichtenmagazinen (z. B. Time) und Tageszeitungen (z. B. New York Times) fanden Zacks und Kollegen (Zacks et al., 2002) in einen Zeitraum von 10 Jahren über die drei Printkategorien hinweg im Mittel rund 24 Diagramme pro Ausgabe. Die Auswertung nach Diagrammtypen ergab, dass in den wissenschaftlichen Journals fast ausschließlich Achsendiagramme wie Linien- und Punktdiagramme eingesetzt wurden. Insgesamt ließ sich ein zunehmender Einsatz von Diagrammen in der Fachkommunikation beobachten.

Die Bedeutung von Diagrammen für die naturwissenschaftliche Forschung und die Kommunikation ihrer Erkenntnisse findet sich in aktuellen Konzeptionen naturwissenschaftlichen Lernens sowie in curricularen Vorgaben in den naturwissenschaftlichen Fächern wieder. Das Konzept der naturwissenschaftlichen Kompetenz im Rahmen der PISA-Studie (Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler, & Klopp, 2001; Rönnebeck, Schöps, Prenzel, Mildner, & Hochweber, 2010) beispielsweise, das sich an Konzeptionen von Scientific Literacy (DeBoer, 2000; Fischer, 1998; Gräber et al., 2002; National Research Council, 1996) orientiert, beinhaltet explizit das Entnehmen relevanter Informationen aus Graphiken bzw. Diagrammen als kognitive Teilkompetenz (Rost, Prenzel, Carstensen, Senkbeil, & Groß, 2004). Auch die nationalen Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer weisen entsprechende Standards auf. So sollen Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, den Informationsgehalt verschiedener Repräsentationen wie Texte, Bilder und Diagramme zu erfassen, aufeinander zu beziehen und sich hierzu zu äußern (KMK, 2005a, 2005b, 2005c). Diese Fähigkeiten werden für das Fach Biologie als „wesentlicher Bestandteil einer erweiterten Lese- bzw. Verstehenskompetenz“ (KMK, 2005a, S. 11) ausgewiesen.

Obwohl der sachgerechte Umgang mit Diagrammen als Teil naturwissenschaftlichen Lernens gilt, liegen bisher nur wenige Studien vor, die den Umgang mit Diagrammen auf Unterrichts- und Lehrerebene erforscht haben. In einer Fragebogenstudie wurden daher unterrichtsbezogene Überzeugungen von Lehrkräften zum Lesen von Diagrammen untersucht. Aufgrund ihrer hohen Relevanz für die Naturwissenschaften

und den naturwissenschaftlichen Unterricht wurde dabei auf Achsendiagramme fokussiert.

7.2 Theoretischer Hintergrund

7.2.1 Lesen von Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Diagramme weisen im Gegensatz zu Zeichnungen und anderen realistischen Bildern keine sichtbare Ähnlichkeit zu dem Bezeichneten auf (vgl. Schnotz, 1994). Als „kulturelle Erfindungen zur Visualisierung von abstrakten Strukturen, Relationen, Mengen und Abläufen“ (Weidenmann, 1994, S. 16) sind ihre Darstellungs-codes in hohem Maße konventionalisiert. Im Falle der Achsendiagramme werden quantitative Zusammenhänge mit Hilfe von räumlichen Charakteristika dargestellt. Die räumliche Ausprägung bzw. Lage der diagrammtypspezifischen Spezifikatoren (Linie, Datenpunkt, Säule) in einer durch zwei orthogonal aufeinanderstehenden Achsen aufgespannten Fläche gibt dabei Auskunft über Merkmalsausprägungen oder -zusammenhänge (Kosslyn, 1989).

Die Informationsentnahme aus Achsendiagrammen umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher kognitiver Prozesse des Identifizierens und Ablesens (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007). So werden etwa Informationen zum Diagrammtyp und -rahmen (u.a. Achsenbeschriftung, Skalierung) sowie Datenpunkte bzw. Trends erfasst. Eine Reihe von Untersuchungen konnte zeigen, dass es Schülerinnen und Schülern Schwierigkeiten bereitet, von einer basalen Form der Informationsentnahme zu einem tiefergreifenden Verständnis von Trends sowie der dem Achsendiagramm zugrundeliegenden Datenstruktur zu gelangen (Beichner, 1994, Beichner, 1996; Berg & Smith, 1994; Glazer, 2011; McDermott, Rosenquist, & van Zee, 1987; Padilla, McKenzie, & Shaw, 1986; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Im Rahmen von Experten-Novizen-Studien wurden dabei wesentliche Unterschiede im Umgang mit Diagrammen und anderen Repräsentationen in Abhängigkeit von der Erfahrung der Teilnehmenden identifiziert. Hinsichtlich der Datenauswertung und -darstellung unerfahrenere Leser fokussierten vor allem auf Oberflächenmerkmale der Darstellungen (Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997). Zusätzlich fehlten ihnen zentrale fachliche Begriffe und Ausdrucksweisen für eine adäquate Beschreibung der Repräsentationen (Bowen et al., 1999; Kozma & Russell, 1997). Neben den genannten Schwierigkeiten ist mehrfach nachgewiesen, dass Schülerinnen und Schüler alternative Vorstellungen bezüglich der Interpretation von Achsendiagrammen entwickeln können, die eine verständnisvolle Informationsentnahme und -verarbeitung erschweren (Glazer, 2011; Leinhardt et al., 1990).

Bedenkt man, dass Achsendiagramme ein wichtiges Lern- und Lehrmittel im Biologieunterricht darstellen, kann vermutet werden, dass sich derartige Schwierigkeiten

und alternative Vorstellungen negativ auf den Erwerb biologischer Konzepte auswirken können. Von fachdidaktischer Seite wird daher gefordert, Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen explizit zu fördern (Glazer, 2011; Shah & Hoeffner, 2002; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Dabei reiche es nicht aus, allgemeine Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen zu schulen (z. B. im Mathematikunterricht), eine Förderung im naturwissenschaftlichen Unterricht sei zusätzlich erforderlich (vgl. Shah & Hoeffner, 2002, S. 63). In diesem Zusammenhang wird auf die Wichtigkeit des expliziten Übens sowie der Vermittlung adäquater metakognitiver Strategien im Umgang mit Diagrammen hingewiesen (Kramarski, 2004; Kramarski & Mevarech, 2003; Shah & Hoeffner, 2002).

7.2.2 Überzeugungen als Aspekt der Lehrerkompetenz

Um den Umgang mit Diagrammen sach- und adressatengerecht fördern zu können, bedarf es spezifischer Kompetenzen auf Seiten der Lehrkraft. Nach gängigen Modellen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften lassen sich hierbei Professionswissen, unterrichtsbezogene Überzeugungen, motivationale Orientierungen und selbstregulative Fähigkeiten unterscheiden (Baumert & Kunter, 2006, Baumert & Kunter, 2011). Während das Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen bereits empirisch erforscht wurde (Kotzebue, 2014; Kotzebue & Nerdel, 2012), wird sich in dieser Untersuchung den Überzeugungen der Lehrkräfte als weiterem Aspekt der professionellen Kompetenz gewidmet.

Überzeugungen werden im Rahmen der Lehrerforschung als subjektive Annahmen mit impliziten und expliziten Anteilen konzipiert, die die Wahrnehmung und das Handeln einer Lehrkraft beeinflussen (Baumert & Kunter, 2006; Voss et al., 2011). Es wird angenommen, dass sie in komplexen Systemen angeordnet sind (Thompson, 1992; Nessor, 1987). Sie weisen stets einen Bezug zu einem Gegenstand auf, bei dem es sich um eine Person, ein Objekt oder ein Phänomen handeln kann. Abhängig vom Gegenstand können Überzeugungen allgemein oder – wie die in der vorliegenden Studie untersuchten Überzeugungen – domänenspezifisch ausgerichtet sein. In der Lehrerforschung gilt es als weitgehend akzeptiert, dass Lehrerüberzeugungen sowohl die Unterrichtsplanung als auch die eigentlichen Entscheidungen der Lehrkraft im Unterrichtsgeschehen beeinflussen (Kagan, 1992; Mansour, 2009; Pajares, 1992). Für einige Forscher gelten sie als „best indicators of the decisions that individuals make throughout their lives“ (Pajares, 1992, S. 307).

Erste Hinweise auf die Relevanz von Lehrerüberzeugungen zum Umgang mit Diagrammen lieferte das BiTe-Projekt, in dem Überzeugungen zum Umgang mit Texten und instruktionalen Bildern wie Diagrammen im Biologie-, Erdkunde- und Deutschunterricht untersucht wurden. Zur Erhebung der Überzeugungen wurde ein Fragebogen entwickelt, der unter anderem die wahrgenommene Bedeutung von Texten mit

instruktionalen Bildern für den Unterricht, die Wichtigkeit des Lesenübens von Texten mit instruktionalen Bildern, die Bedeutung der Vermittlung von Strategien der Bild-Text-Integration sowie Vorstellungen über die Selbständigkeit von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit Bildern und Texten erfasst. Eine Befragung von 106 Lehrkräften ergab, dass die Bedeutung des integrativen Lesens von Texten und Bildern als hoch eingeschätzt und Übung und Vermittlung von Strategien als wichtig wahrgenommen werden (McElvany et al., 2012; Schroeder et al., 2011). Dabei waren die entsprechenden Überzeugungen bei Biologie- und Geographielehrkräften stärker ausgeprägt als bei Deutschlehrkräften (McElvany et al., 2012). Zudem konnte nachgewiesen werden, dass die erhobenen Lehrerüberzeugungen das Handeln der Lehrkraft im Unterricht beeinflussten. So verbrachten beispielsweise Lehrkräfte, denen die Vermittlung von Strategien zum Umgang mit Texten und Bildern wichtig war, mehr Zeit damit, entsprechende Unterrichtsmaterialien mit ihren Klassen zu besprechen (Schroeder et al., 2011).

Neben der Relevanz für das Unterrichtshandeln liegt ein weiterer Fokus der Lehrerforschung auf der Identifizierung von möglichen Einflussfaktoren auf die Ausprägung von Überzeugungen. In der Forschungsliteratur werden hierbei verschiedene Variablen angeführt, die Unterschiede in den Überzeugungen von Lehrkräften erklären können. Zu diesen Variablen gehört unter anderem die Berufserfahrung der Lehrkraft. Dabei wird angenommen, dass unterrichtsbezogene Überzeugungen schon vor der eigentlichen Berufsausübung erworben und anschließend durch eigene Unterrichtserfahrungen beeinflusst werden können (Richardson, 1996). Empirische Befunde sprechen für die These, dass Überzeugungen von Lehrkräften sich mit der Berufserfahrung ändern (Alger, 2009; Martínez et al., 2001). Auch die von den Lehrkräften studierten Fächer gelten als relevante Variable bei der Ausprägung von Überzeugungen. Insbesondere bei Lehrkräften an weiterführenden Schulen wird der fachliche Hintergrund als bedeutender Faktor für die Entwicklung der eigenen beruflichen Identität (Grossman & Stodolsky, 1995; Helms, 1998; Stodolsky & Grossman, 1995) sowie für die Aneignung professioneller Kompetenzen (Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1992) betont. Fächer können in diesem Zusammenhang als Subkulturen mit eigenen Epistemologien, Werthaltungen und Praktiken charakterisiert werden, in die Fachlehrkräfte hineinsozialisiert werden (Ball & Lacey, 2011; Zeichner & Gore, 1990). Dieser Prozess beginnt bereits in der eigenen Schulzeit und setzt sich an der Universität und Schule fort (Virta, 2002). Als weitere Einflussvariable bei der Untersuchung von Überzeugungen gilt das Geschlecht der Lehrkraft. Die empirischen Befunde zu einem entsprechenden Geschlechtereffekt sind jedoch uneinheitlich und variieren unter anderem mit dem Gegenstandsbereich der Überzeugungen (vgl. z. B. Beck et al., 2000; Kalaian & Freeman, 1994; Lumpe et al., 2012).

7.3 Fragestellung

Im Folgenden werden Analysen zu Überzeugungen von Biologielehrkräften zum Lesen von Diagrammen berichtet. Hierbei wurde folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

Wie sind die Überzeugungen der untersuchten Lehrkräfte hinsichtlich des Lesens von Diagrammen im Biologieunterricht ausgeprägt?

Variieren die Ausprägungen der Überzeugungen mit bestimmten berufsbezogenen Variablen?

7.4 Methode

7.4.1 Stichprobe

Die Analysen basieren auf den Angaben von 71 Lehrkräften (55% weiblich, 45% männlich) aus Schulen in Schleswig-Holstein, Brandenburg, Hessen und Sachsen. Das durchschnittliche Alter der Lehrpersonen lag bei 45,2 Jahren (Spannweite: 27 bis 62, SD = 10,4). Alle Teilnehmenden unterrichteten Biologie an Gymnasien in den Jahrgangsstufen 10 bis 13. Die durchschnittliche Unterrichtserfahrung lag bei 17,5 Jahren (Spannweite 1,5-40 Jahre). Die Lehrkräfte wurden über die Schulleitungen rekrutiert. Die Teilnahme an der Befragung war für die Lehrkräfte freiwillig.

7.4.2 Instrument

Die Überzeugungen zum Lesen von Diagrammen wurden mithilfe von vier Skalen erfasst. Mit der Skala *Vermittlung von Strategien* wird die Überzeugung erhoben, dass für das erfolgreiche Lesen von Diagrammen Strategien an die Lernenden vermittelt werden müssen. Die Skala *Explizites Üben* erfasst die Überzeugung, dass das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden sollte. Basierend auf Hinweisen aus einer Interviewstudie zu Überzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht (Enzingmüller et al., 2012) wurde eine weitere Überzeugungsskala entwickelt, die sich auf die *Vermittlung einer kritischen Lesehaltung* gegenüber Diagrammen bezieht. Mit der Skala *Schwierigkeit* wird erfasst, ob die Lehrkräfte den konkreten Einsatz von Diagrammen im Biologieunterricht als kompliziert ansehen und sich hierdurch verunsichert fühlen.

Die Items waren als Aussagen formuliert, die auf einer vierstufigen Antwortskala von 1 = *trifft überhaupt nicht zu* über 2 = *trifft eher nicht zu* und 3 = *trifft eher zu* bis 4 = *trifft voll und ganz zu* von den Lehrkräften beurteilt werden sollten.

Vor dem Einsatz der Skalen bei der Zielgruppe der Lehrkräfte wurden im Rahmen einer Expertenrunde (5 Biologiedidaktiker, 1 Biologielehrkraft) Einschätzungen zu der

Relevanz der Aspekte eingeholt und es wurden leichte Anpassungen vorgenommen. Um das Instrument auf Klarheit, Verständlichkeit und Durchführbarkeit zu testen und erste Hinweise auf seine messtheoretische Güte zu erlangen, wurde es vor dem Einsatz bei einer Gelegenheitsstichprobe von $N = 46$ Biologielehrkräften pilotiert (48% weiblich, M Alter = 41 Jahre, $SD = 12.2$). Hauptachsenanalysen gaben dabei die postulierten Faktoren wieder. Auch die Skaleninterkorrelationen deuteten auf eine analytische Trennbarkeit der Faktoren hin ($r = -.06-.37$).

Die einzelnen Items wiesen mindestens zufriedenstellende Kennwerte auf. Die Trennschärfen lagen zwischen .39 und .79 und damit über dem empfohlenen Minimum von .30. Die Mittelwerte einiger Items lagen zwar über 3.00 (z. B. in der Skala *Explizites Üben*), die zugehörigen Standardabweichungen fielen jedoch hoch genug aus, so dass nicht von Deckeneffekten auszugehen ist. Basierend auf den Rückmeldungen der Pilotierungsteilnehmer wurden einige leichte Anpassungen einzelner Itemformulierungen vorgenommen, bevor das Instrument bei der Stichprobe von 71 Biologielehrkräften zum Einsatz kam.

Auch hier wurde das Instrument zunächst auf seine Güte hin untersucht. Die faktorielle Struktur wurde mit einer konfirmatorischen Faktorenanalyse geprüft. Entsprechend der Vorannahmen wurde im Programm Mplus 7 (Muthén & Muthén, 2010) ein Modell mit vier korrelierten Faktoren spezifiziert. Das Modell besaß eine gute Anpassungsgüte ($\chi^2 = 119.353$, $df = 113$, $p = .323$, $CFI = .979$, $RMSEA = .028$). Die standardisierten Faktorladungen erwiesen sich mit .46 bis .89 als substantiell. Basierend auf den Befunden der Faktorenanalyse wurden die Items zu Skalen zusammengefasst. Die resultierenden Skalen verfügten über zufriedenstellende interne Konsistenzen (vgl. Tabelle 1). Für die Trennschärfe der Items ergaben sich durchweg befriedigende Werte (für Details siehe A.1.2).

Tabelle 1. Beispielitems und interne Konsistenzen (Cronbachs α) der Skalen ($N = 71$)

Skala	Itemanzahl	Beispielitem	α
Explizites Üben	4	Es ist wichtig, das Lesen von Diagrammen mit Schülern/innen im Biologieunterricht explizit zu üben.	.81
Vermittlung von Strategien	4	Man sollte mit Schülern/innen feste Strategien einüben, die sie beim Lesen von neuen Diagrammen anwenden können.	.71
Vermittlung einer kritischen Lesehaltung	5	Diagramme kritisch reflektieren zu können, ist ein wichtiges Lernziel im Biologieunterricht.	.76
Schwierigkeit	4	Wenn ich sehe, dass in Schulbüchern oder Unterrichtsmaterialien, die ich verwenden will, Diagramme enthalten sind, habe ich teilweise den Gedanken, dass das Besprechen der zu lesenden Diagramme den Unterrichtsablauf vermutlich verkomplizieren wird.“	.73

Im Rahmen der Befragung wurden verschiedene personenbezogene Variablen erfasst, von denen angenommen wird, dass sie im Zusammenhang mit der Ausprägung von Lehrerüberzeugungen stehen (vgl. Kapitel 3.2.2). Hierzu gehören Geschlecht, Anzahl der Jahre im Beruf sowie unterrichtete Fächer. Da in der Forschungsliteratur einer authentischen forschungsbezogenen Umgebung bei der Förderung von Kompetenzen im Umgang mit Diagrammen eine hohe Bedeutung zugesprochen wird (Szyjka, Mumba, & Wise, 2011; Lunsford, Melear, Roth, Perkins, & Hickok, 2007; Bowen & Roth, 2005), wurde zusätzlich erfragt, ob die Befragten über eigene Forschungserfahrung im Bereich der Naturwissenschaften außerhalb des Studiums verfügen.

7.4.3 Datenanalyse

Zunächst wurden die Skalen deskriptiv analysiert. Zur Überprüfung der Zusammenhänge zwischen Variablen wurden bivariate Korrelationen berechnet. Für die Prüfung auf Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen von Lehrkräften wurden t -Tests berechnet. Um neben der statistischen Signifikanz Anhaltspunkte für die Größe der Mittelwertsunterschiede zu erhalten, wurden zusätzlich Effektstärken (Cohens d) berechnet. Gemäß der Konventionen zur Interpretation von Effektstärken nach Cohen (1988) gelten Werte um $d = 0.2$ als kleine Effekte, Werte um $d = 0.5$ als mittlere Effekte und Werte um $d = 0.8$ als große Effekte. Die Korrelationsanalysen und Mittelwertvergleiche wurden mit der Statistiksoftware SPSS 22 durchgeführt.

Der Anteil fehlender Werte auf Itemebene lag bei maximal 1,4%. Bei der Berechnung der Interkorrelationen und der Modellgüte wurden fehlende Werte über das Full-Information-Maximum-Likelihood (FIML) Verfahren geschätzt.

7.5 Ergebnisse

7.5.1 Überzeugungen der Lehrkräfte zum Lesen von Diagrammen

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden die deskriptiven Werte der eingesetzten Skalen sowie ihre Zusammenhänge untereinander analysiert (vgl. Tabelle 2). Die Mittelwerte der Überzeugungsfacetten *Explizites Üben*, *Vermittlung von Strategien* und *Vermittlung einer kritischen Lesehaltung* liegen jeweils deutlich über dem theoretischen Mittel der vierstufigen Skalen von 2,5, der Mittelwert der wahrgenommenen *Schwierigkeit* liegt unter dem theoretischen Mittel von 2,5.

Die messfehlerfreien latenten Interkorrelationen reichen von $r = -.020$ bis $r = .408$ mit einer mittleren Korrelation von $r = .213$ und befinden sich damit in einem niedrigen bis mittleren Bereich. Die Überzeugung, dass das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden sollte, korreliert negativ mit der wahrgenommenen Schwierigkeit und positiv mit der Überzeugung, im Biologieunterricht eine kritische Lesehaltung gegenüber Diagrammen fördern zu sollen.

Tabelle 2. Deskriptive Kennwerte und Interkorrelationen der Skalen

Skala	M	SD	1	2	3	4
1. Schwierigkeit	1.95	0.57	1.00			
2. Explizites Üben	3.34	0.52	-.316*	1.00		
3. Vermittlung von Strategien	3.15	0.53	.213	.285	1.00	
4. Vermittlung einer kritischen Lesehaltung	3.03	0.54	-.020	.408*	.073	1.00

* = $p < .05$

7.5.2 Zusammenhänge mit personenbezogenen Merkmalen

Ein Merkmal, von dem angenommen wird, dass es im Zusammenhang mit Aspekten der professionellen Kompetenz steht, ist die Berufserfahrung (Richardson, 1996). Zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Berufserfahrung und Überzeugungen wurden Korrelationsanalysen durchgeführt.

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich wird, lassen sich geringe bis mittlere Korrelationen zwischen den Variablen beobachten. Signifikante Zusammenhänge bestehen jeweils zwischen der Berufserfahrung und den Skalen *Explizites Üben* ($r = -.343$), *Vermittlung von Strategien* ($r = -.273$) und *Vermittlung einer kritischen Lesehaltung* ($r = -.257$). Je mehr Berufserfahrung die Befragten haben, desto seltener geben sie an, (a) dass das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden sollte, (b) dass für das Lesen von Diagrammen Strategien vermittelt werden sollten und (c), dass eine kritische Lesehaltung gegenüber Diagrammen vermittelt werden sollte.

Tabelle 3. Bivariate nonparametrische Korrelationen zwischen der Berufserfahrung und den Skalen

	Jahre Berufserfahrung
Schwierigkeit	.060
Explizites Üben	-.343**
Vermittlung von Strategien	-.273*
Vermittlung einer kritischen Lesehaltung	-.257*

* = $p < .05$

Zur Überprüfung von Mittelwertunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Lehrkräften wurden Gruppenvergleiche mittels t-Statistik berechnet. Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Ausprägung der Überzeugungsfacetten getrennt nach Geschlecht. Signifikante Unterschiede finden sich bei der *Vermittlung von Strategien* und bei der *Schwierigkeit*. Weibliche Befragte betonen stärker, dass die Vermittlung von Strategien für das Lesen von Diagrammen wichtig ist. Zudem sind sie häufiger davon überzeugt, dass das Lesen von Diagrammen kompliziert zu vermitteln ist. Die Effektgrößen lagen in beiden Fällen im mittleren Bereich. Für die restlichen Lehrermerkmale lassen sich keine signifikanten Mittelwertunterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Lehrkräften der Stichprobe finden.

Tabelle 4. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen nach Geschlecht und Ergebnisse der t-Tests

Skala	Geschlecht	n	M	SD	t	df	p	d
Vermittlung einer kritischen Lesehaltung	weiblich	39	3.02	.56	-1.04	69	.917	.02
	männlich	32	3.03	.53				
Explizites Üben	weiblich	39	3.34	.53	.031	69	.976	.01
	männlich	32	3.34	.51				
Vermittlung von Strategien	weiblich	38	3.28	.45	2.320	68	.023	.57
	männlich	32	2.99	.58				
Schwierigkeit	weiblich	38	2.07	.63	2.046	68	.045	.50
	männlich	32	1.80	.464				

Ebenso wurden Effekte der Fächerkombination auf die Ausprägung der Überzeugungsfacetten untersucht. Aus den Angaben des Zweitfaches wurde zunächst eine Dummy-Variable gebildet, die anzeigt, ob die jeweilige Lehrkraft ein mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach unterrichtet oder nicht (0 = kein mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach, 1 = mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach). Basierend auf der Dummy-Kodierung erfolgte anschließend der Vergleich der beiden Gruppen von Lehrkräften mit Hilfe eines t-Tests (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen nach Zweitfach und Ergebnisse der t-Tests

Skala	Zweitfach	n	M	SD	t	df	p	d
Vermittlung einer kritischen Lesehaltung	0	42	3.06	.61	.751	69	.455	.08
	1	29	2.97	.43				
Explizites Üben	0	42	3.28	.54	-1.144	69	.257	.28
	1	29	3.42	.48				
Vermittlung von Strategien	0	41	3.14	.56	-.017	68	.986	.00
	1	29	3.15	.50				
Schwierigkeit	0	42	2.07	.57	2.300	68	.025	.57
	1	28	1.76	.54				

Kodierung Zweitfach: 0 = kein mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach, 1 = mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach

Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen finden sich bei der wahrgenommenen Schwierigkeit. Befragte mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach schätzen die Vermittlung des Lesens von Diagrammen im Unterricht seltener als schwierig ein als ihre Kollegen ohne mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach. Hierbei handelte es sich um einen mittleren Effekt. Ein kleiner, jedoch nicht signifikanter Effekt findet sich beim expliziten Üben. Befragte Lehrkräfte mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach halten das Üben des Lesens von Diagrammen häufiger für notwendig als Lehrkräfte ohne mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach.

Bezogen auf die Forschungserfahrung finden sich signifikante Unterschiede bei der Überzeugung zur Vermittlung einer kritischen Lesehaltung sowie bei der wahrgenommenen Schwierigkeit (vgl. Tabelle 6). Befragte mit Forschungserfahrung in den Naturwissenschaften außerhalb des Studiums halten es im Durchschnitt für wichtiger, im Biologieunterricht eine kritische Lesehaltung gegenüber Diagrammen zu fördern und halten das Lesen von Diagrammen im Unterricht seltener für kompliziert. Kleinere, jedoch nicht signifikante Effekte finden sich beim expliziten Üben und der Vermittlung von Strategien, denen Lehrkräfte mit Forschungserfahrung im Durchschnitt eine größere Bedeutung zusprechen.

Tabelle 6. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen nach Forschungserfahrung und Ergebnisse der t-Tests

Skala	For- schungser- fahrung	N	M	SD	t	df	p	d
Vermittlung einer kritischen Lesehaltung	0	29	2.84	.56	2.658	68	.010	.64
	1	41	3.17	.48				
Explizites Üben	0	29	3.23	.39	1.355	68	.180	.33
	1	41	3.40	.59				
Vermittlung von Strategien	0	29	3.06	.56	1.143	67	.257	.28
	1	40	3.21	.52				
Schwierigkeit	0	42	2.07	.57	2.300	68	.025	.57
	1	28	1.76	.54				

Kodierung Forschungserfahrung: 0 = keine Forschungserfahrung außerhalb des Studiums, 1 = Forschungserfahrung außerhalb des Studiums vorhanden

7.6 Zusammenfassung und Diskussion

Ziel der Teiluntersuchung war es, Überzeugungen von Biologielehrkräften zum Lesen von Diagrammen zu erfassen und näher zu untersuchen. Dabei sollte zum einen die Frage geklärt werden, wie die erfassten Überzeugungsfacetten bei den befragten Lehrkräften ausgeprägt sind. Zum anderen sollte der Frage nachgegangen werden, in welchem Zusammenhang verschiedene personenbezogene Merkmale mit den Überzeugungen in diesem Bereich stehen. Hierzu wurden Effekte der Berufserfahrung, des Geschlechts und der Fächerkombination untersucht. Die für die Untersuchung entwickelten Skalen zeigten zufriedenstellende Werte hinsichtlich ihrer Validität und Reliabilität. Die postulierte Faktorenstruktur ließ sich replizieren. Die Interkorrelationen der Skalen weisen auf verwandte, aber trennbare Konstrukte hin.

Die in einem ersten Schritt durchgeführte Analyse der deskriptiven Skalenwerte legt nahe, dass die befragten Lehrkräfte ein explizites Üben bezüglich des Lesens von Diagrammen als relevantes Unterrichtsziel im Fach Biologie wahrnehmen. Auch die Vermittlung von Strategien zum Lesen von Diagrammen und die Vermittlung einer kriti-

schen Lesehaltung wurden von einer großen Anzahl an Lehrkräften als wichtig eingeschätzt. Nur wenige Lehrkräfte sahen das Lesen von Diagrammen im Unterricht als kompliziert an. Die tendenziell positiv geprägten Überzeugungsfacetten, die bereits für den Umgang mit Texten und instruktionalen Bildern nachgewiesen wurden (McElvany et al., 2010), konnten damit für das Lesen von Diagrammen bestätigt werden. Trotz des insgesamt positiven Bildes berichteten einige der Befragten von Verunsicherung bezüglich des Lesens von Diagrammen im Biologieunterricht. Vor dem Hintergrund, dass sich derartige Überzeugungsmuster negativ auf die Förderung von Diagrammkompetenz auswirken könnten, erscheint eine tiefergehende Untersuchung möglicher Hintergründe lohnend.

Die in einem zweiten Schritt berechneten Interkorrelationen befanden sich in einem niedrigen bis mittleren Bereich. Die Überzeugung, dass das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden sollte, ging mit einer geringer eingeschätzten Schwierigkeit einher und korrelierte positiv mit der Überzeugung, im Biologieunterricht eine kritische Lesehaltung gegenüber Diagrammen zu fördern. Insgesamt weisen die Interkorrelationen auf inhaltliche Wechselwirkungen und Bedingtheiten zwischen den Überzeugungsfacetten hin. Auch dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Befunden vorangegangener Studien (McElvany et al., 2010; Schroeder et al., 2011).

In weiteren Analyseschritten konnten zudem Effekte verschiedener personenbezogener Merkmale auf die erfassten Variablen nachgewiesen werden. So korrelierte die Berufserfahrung in der vorliegenden Studie negativ mit der Ausprägung mehrerer Überzeugungsfacetten. Je länger die Lehrkräfte im Beruf waren, desto weniger Wert legten sie auf die Vermittlung von Strategien, der Vermittlung einer kritischen Lesehaltung und auf das explizite Üben des Lesens von Diagrammen. Der Befund steht in Einklang mit Ansätzen, in denen angenommen wird, dass sich die Berufserfahrung einer Lehrkraft auf ihre unterrichtsbezogenen Überzeugungen auswirken kann (Richardson, 1996). Dabei muss jedoch angemerkt werden, dass die vorliegende Studie querschnittlich angelegt war. Für verlässliche Befunde zu Veränderungen von Überzeugungen müssten jedoch Längsschnittstudien durchgeführt werden.

Bezüglich des Geschlechts zeigte sich, dass weibliche Befragte das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht häufiger als kompliziert einschätzen. Gleichzeitig betonen die befragten weiblichen Lehrkräfte stärker, dass es wichtig ist, den Schülerinnen und Schülern Strategien für das Lesen von Diagrammen zu vermitteln. Für die restlichen Variablen fanden sich keine Geschlechterunterschiede. Da bisherige Untersuchungen zu geschlechtsbedingten Unterschieden bezüglich unterrichtsbezogener Überzeugungen uneinheitliche Ergebnisse liefern (vgl. Kapitel 7.2.2), sollte geklärt werden, ob sich der Geschlechtsunterschied in weiteren Studien bestätigt oder möglicherweise auf Drittfaktoren zurückgeführt werden kann.

Für den fachlichen Hintergrund ließen sich Effekte auf die Ausprägung der Überzeugungen feststellen. Befragte Lehrkräfte mit einem naturwissenschaftlichen Zweitfach berichteten seltener von Verunsicherung beim Lesen von Diagrammen im Unterricht als ihre Kollegen ohne mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach. Ein kleiner Effekt fand sich auch für die Überzeugung zur Notwendigkeit des expliziten Übens. Lehrkräfte mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach hielten das Üben des Lesens von Diagrammen tendenziell für notwendiger als Lehrkräfte ohne mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach. Diese Befunde stehen im Einklang mit Studien, die einen Effekt des fachlichen Hintergrunds auf die Überzeugungen von Lehrkräften bezüglich des Umgangs mit instruktionalen Texten und Bildern im Unterricht nachweisen konnten (McElvany et al., 2012). Auch hier könnten Unterschiede in den Überzeugungen auf die Berufsausbildung und das dort angeeignete formale Wissen der Lehrkraft zurückzuführen sein (Richardson, 1996). Lehrkräfte mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach beschäftigen sich im Rahmen ihres Studiums in fachlichen und fachdidaktischen Veranstaltungen vermutlich intensiver mit der Auswertung und Darstellung von Daten und diesbezüglichen Unterrichtsstrategien. Das hierbei angeeignete Wissen könnte sich auf die Ausprägung der Überzeugungen auswirken. Auch die Wahrscheinlichkeit, dass Aspekte der Förderung von Diagrammkompetenz im Rahmen der zweiten Ausbildungsphase thematisiert werden, dürfte bei Lehrkräften mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach höher ausfallen. Um diese Vermutungen zu stützen, sollte in Anschlussstudien detailliert erfasst werden, inwieweit sich die Lehrkräfte im Rahmen ihrer Ausbildung mit entsprechenden Inhalten befasst haben.

Die größten Effekte zeigten sich bei der Forschungserfahrung. Befragte Lehrkräfte mit Forschungserfahrung im Bereich der Naturwissenschaften außerhalb des Studiums hielten die Vermittlung einer kritischen Lesehaltung gegenüber Diagrammen für deutlich wichtiger als ihre Kolleginnen und Kollegen ohne Forschungserfahrung und nahmen das Lesen von Diagrammen im Unterricht seltener als kompliziert war. Dies steht in Einklang mit fachdidaktischen Arbeiten, in denen die Bedeutung eines authentischen forschungsbezogenen Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen insbesondere für angehende Lehrkräfte hervorgehoben wird (Szyjka, Mumba, & Wise, 2011; Lunsford, Melear, Roth, Perkins, & Hickok, 2007; Bowen & Roth, 2005). In einer Studie mit angehenden Lehrkräften beobachteten Lunsford und Kollegen (2007) beispielsweise, dass sich in einer Umgebung, in der die Teilnehmenden selbst forschten, die Häufigkeit und Qualität der fachsprachlichen Repräsentationen erhöhten. Wie genau eigene Forschungspraxis die Ausprägungen von Überzeugungen zum Umgang mit fachsprachlichen Repräsentationen beeinflusst, könnte in weiteren Studien näher untersucht werden.

Kapitel 8

Constructing Graphs in Biology Class: Secondary Biology Teachers' Beliefs, Motiva- tion and Self-Reported Practices

Dieses Manuskript wird zur Publikation in einer englischsprachigen Fachzeitschrift eingereicht.

8.1 Abstract

There is a growing awareness that graphing is an essential part of the science curriculum. While much research has focused on student conceptions and abilities regarding graphical representations, only a few studies have investigated how teachers think about and use them in the science classroom, none of them focusing especially on graphs. The purpose of this study is to explore educational beliefs, motivation and teaching practices of German secondary biology teachers in the area of graph construction. Via questionnaire, 71 teachers from different regions in Germany rated their beliefs and motivation as well as the frequency of different graph construction activities in biology class. The teachers surveyed in this study were rather motivated in their teaching of graph construction. Furthermore, they tend to believe that graph construction should be practiced explicitly in biology class and that students should learn clear strategies for constructing graphs. Comparing teachers, we found that school subjects and own research experience make a difference in their beliefs and motivation regarding graph construction in biology class. The self-report on classroom practices revealed that participants may provide limited opportunities for students to experience graphing as a social and iterative practice. Implications are drawn for teacher education and professional development as well as for further research in teacher education contexts.

8.2 Introduction

Scientists rely on a variety of representations to construct and communicate their knowledge (Lemke, 1998). Graphs, charts, diagrams and tables, among others, are used to illustrate phenomena and to organize and convey information. These displays generated as a result of scientific activities have been referred to as inscriptions (Roth & McGinn, 1998; Latour, 1987). In contrast to representations that can be mental in nature, inscriptions are “signs that are embodied in some medium, such as paper or computer monitors” (Roth & McGinn, 1998, 37). Research revealed that these external representations are central to the practice of science (Kozma, 2003; Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997). Graphs in particular are “especially useful for presenting complex sets of information within a single inscription” (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010, p. 245). For this reason, they are often used to present scientific research results and are very common in scientific journal articles (Roth et al., 1999). In the process of scientific inquiry, they serve as effective reasoning tools for generating hypotheses, elaborating ideas, justifying arguments, and making conclusions (Kozma et al., 2000). In addition, graphs are used to convey scientific information from scientists to novices. For this reason, they are widely seen in school science textbooks, newspapers and magazines (Zacks et al., 2002). Corresponding to the essential role of graphs in inquiry processes and in communicating the concepts of science, there is a growing

awareness that interpreting and constructing graphs, along with tables, diagrams and other representations, are important learning practices for the development of scientific literacy (American Association for the Advancement of Science, 1993; Norris & Phillips, 2003; Tang & Moje, 2010; Yore et al., 2007). As a response, representational practices have been included in various standards and curricula. The German National Educational Standards for biology (KMK, 2005a), for example, recommend that by the end of 10th grade, students should be able to extract and process information from representations, make connections and relations between them, create them to visualize data, and comment on these representational practices.

Yet, although teachers are expected to address these issues in their instruction, some researchers argue that teachers might not be able to employ graphical representations to their fullest potential when teaching science (Morrison, & McDuffie, 2009; Bowen & Roth, 2005; Coleman, McTigue, & Smolkin, 2011; Eilam et al., 2014; McElvany et al., 2012; Nitz et al., 2014). Since graphs are considered to be not only quintessential representations in science (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010) but also key in science learning (Boote, 2012; Wang et al., 2012) this study explores biology teachers' beliefs and motivation that are directly related to one area of graphing, namely graph construction. The goal is to get insights in the nature of teachers' beliefs and motivation regarding graph construction and to explore possible connections to preferred practices in teaching graph construction.

8.3 Theoretical Background

8.3.1 Learning from and with Graphs in Biology

Graphs are visual displays that convey information via spatial relations. There are many types of graphs that are used for different sets of data or various purposes, i.e. pie graphs, bar graphs, histograms and line graphs (Kosslyn, 1989). In our study, we focused on line and bar graphs. They are very common in scientific journals (Zacks et al., 2002) and science instruction, especially in secondary school. Since they both are used to illustrate the relationship among variables with at least one continuous variable, they share similar structural components. Both have an L-shaped framework and each leg of the framework is specified with a descriptive label naming what is being measured and which unit is used (Friel, Curcio, & Bright, 2001). The two graph types, however, differ in their representation of data values. Bar graphs contain horizontal or vertical bars to show quantity and are used for numerical comparison between different categories. In line graphs, the relation between measures is symbolized by means of a line representing functional relationships or time-series data.

Much research in recent years has focused on the skills needed to successfully use graphs, including interpretation and construction. Interpretation usually refers to the

ability to encode and understand the visual features of the graph and relate this information to the real world (Bertin, 1983; Shah & Hoeffner, 2002). While students' ability to interpret graphs has received a good deal of research attention (for reviews see Glazer, 2011; Shah & Hoeffner, 2002), there have been only a few studies focusing solely on graph construction (for example Hattikudur et al., 2012; Mevarech & Kramarski, 1997; Wavering, 1989). Constructing graphs involves "going from raw data (or abstract function) through the process of selection and labeling of axes, selection of scale, identification of unit, and plotting" (Leinhardt et al., 1990, p. 12). According to Leinhardt, construction differs considerably from interpretation because students have to create something new (Leinhardt et al., 1990). Constructing an external representation involves a wide range of cognitive processes, for example examining one's own ideas, re-ordering information and translating information from one modality into another (Cox, 1999). Engaging in these processes can lead to a better understanding of the situation and thus promote learning (van Meter & Garner, 2005).

For science learning in particular, the process of generating visualizations may have additional learning and motivational benefits. In this regard, Ainsworth, Prain and Tyler (2011) suggest that creating visualizations like graphs in the science classroom (a) enhances engagement, (b) deepens students' understanding of conventions and purposes of scientific representations, (c) reinforces students' scientific reasoning, (d) helps students to organize and expand their knowledge, and (e) allows students to exchange and clarify meanings between peers. In a series of studies, Kozma and his colleagues investigated scientists' and learners' use of scientific representations and concluded that representational competence, including constructing representations like graphs, is crucial for developing a deeper understanding of scientific content (Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997; Kozma & Russell, 2005). Based on analyses of representational practices demonstrated by middle school students, Wu and Krajcik suggest that constructing representations could have a positive impact on students' understanding of both scientific concepts and scientific inquiry (Wu & Krajcik, 2006a, Wu & Krajcik, 2006b). They observed that designing representations encouraged students to reflect on the best way to represent scientific content into a visual pattern or discuss experimental procedures and data formats.

Researchers in science education now broadly agree that the ability to construct graphs and other representations is important for science learning. Still, there is evidence that students have significant difficulties in constructing graphs in science class (Berg & Smith, 1994; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Studies on expert scientists' and learners' use of representations revealed that students primarily focus on the surface features of representations, struggle with moving across representations and connecting them to underlying scientific phenomena and are less able to transform a given representation into another form (Bowen et al., 1999; Kozma et al., 2000;

Kozma & Russell, 1997). Studies focusing specifically on graphing tasks found that many students have alternative conceptions regarding graph interpretation and construction. For example, based on a qualitative analysis of graphs drawn by 92 eighth-grade students, Mevarech and Kramarsky (1997) identified various kinds of alternative conceptions relating to the construction of two-axis graphs. The alternative conceptions were categorized into three main areas: (a) representing only one single data point in a graph; (b) constructing a series of graphs, each representing one factor from the relevant data, instead of visualizing the relation between interrelated variables in one graph; and (c) representing an increasing function irrespective of the task given. Similar alternative conceptions were observed by Moritz (2005) who explored reasoning skills regarding covariation held by 167 third-, fifth-, seventh-, and ninth-grade students. Considering that students' difficulties and alternative conceptions may hinder their comprehension and application of scientific concepts, what can be done to promote students' abilities in the area of graphing in science class?

In the literature, several recommendations have been made on how to advance graphing skills. First, considering the fact that scientific graphs are situated and highly contextualized, it has been argued that graphing skills should be explicitly fostered not only in mathematics but also in science instruction (Glazer, 2011; Shah & Hoeffner, 2002; Szyjka, Mumba, & Wise, 2011; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). Kramarski and Mevarech (2003) stress the importance of the role of the teacher in this process, pertaining to metacognitive guidance in mathematical reasoning with graphs. In particular, the authors recommend providing students with clear strategies for solving graphing tasks (Kramarski, 2004; Kramarski & Mevarech, 2003). Another key instructional feature found in the literature is that graphing activities should mirror authentic scientific practices (Kozma & Russell, 2005). To that end, students should be able to analyze, interpret and visualize the data they collect. Since scientific practices are iterative and social in nature, learning environments should also enable students to produce graphs with the aim of making their displays increasingly convincing (Roth & McGinn, 1997; Roth & McGinn, 1998; Wu & Krajcik, 2006b). One way to realize this educational goal is through small group or conference-like whole-class discussions, in which students learn to evolve graph-related practices through feedback from their classmates (Roth & McGinn, 1998). An instructional approach to both engage students in authentic graphing practices and improve students' understanding of graphs is using computer-based tools and learning environments to visualize data (Roth & McGinn, 1998; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). These allow students "to quickly modify the conditions of plots, test different hypotheses about relationships between dependent and independent variables, and change and test parameters of model equations" (Roth & McGinn, 1998, p. 53).

8.3.2 Teachers' Beliefs and Motivation

A variety of theoretical frameworks and methodologies in the teacher belief literature makes defining beliefs a challenging task (Jones & Carter, 2007; Pajares, 1992). It is widely acknowledged that beliefs are developed based on experiences, are highly personalized and evaluative in nature (Kagan, 1992; Nespor, 1987). However, opinions are divided when it comes to, for example, the nature of the relationship between beliefs and knowledge and to the question of whether and to what extent beliefs influence actual behavior. Luft and Roehrig (2007) concluded that it is important to clarify the nature of beliefs that are being examined. For the current study, the concept of belief is used to characterize teachers' understandings and assumptions about phenomena, people, and objects that are felt to be true and affect their planning and actions (Richardson, 1996; Voss, Kleickmann, Kunter, & Hachfeld, 2013). This definition implies two important aspects on the nature of beliefs.

First, teachers hold a wide and complex spectrum of beliefs. Calderhead (1996) differentiated between five areas of teachers' beliefs: beliefs about learners and learning, beliefs about teaching, beliefs about the subject, beliefs about learning to teach, and beliefs about the self and the teaching role. These more general educational beliefs are also intertwined with domain-specific beliefs. For science teachers in particular, research studies have focused on beliefs including those about the teaching and learning of science (Bryan, 2003; Levitt, 2002; Tsai, 2002), and the nature of science (Akyol, Tekkaya, Sungur, & Traynor, 2012; Irez, 2006; Zeidler, Walker, Ackett, & Simmons, 2002) or inquiry (Lucero et al., 2012; Luft, 2001; Wallace & Kang, 2004). Because of the fact that teachers' beliefs are complex and intertwined, some researchers characterize the way they are organized as a system (for example Bryan, 2003; Fives & Buehl, 2008; Wallace & Kang, 2004). According to Thompson (1992, p. 130), belief systems are comparable to cognitive structures in a conceptual domain, being "dynamic in nature, undergoing change and restructuring as individuals evaluate their beliefs against their experience".

These experiences may differ depending on teachers' demographics and teaching background. In fact, previous research indicates that particular characteristics of teachers appear to be associated with their beliefs. For example, based on analyses of teacher portfolios and interviews, Breslyn and McGinnis (2012) found the discipline in which secondary teachers taught to be a major influence on participants' beliefs in the area of inquiry. McElvany and colleagues (2012) found that geography or biology teachers expressed stronger beliefs in the utility of instructional pictures and were more self-efficacious compared to German teachers. In addition to the teaching subject, gender (Beck et al., 2000; Kalaian & Freeman, 1994; Lumpe et al., 2012) and teach-

ing experience (Alger, 2009; Martínez et al., 2001) have been associated with differential teacher beliefs. These and other teacher characteristics may be considered as critical independent variables to study differences in teacher beliefs.

Second, teachers' beliefs influence their planning, thoughts and decisions in the classroom (Kagan, 1992; Mansour, 2009; Pajares, 1992). Beliefs serve as filters through which individuals process new information and thereby shape the interpretation of events and affect subsequent actions (Pajares, 1992). For this reason, Pajares (1992) refers to beliefs as the “best indicators of the decisions that individuals make throughout their lives” (p. 307). Over the past decades, much research has been conducted in order to explore the relationship between teacher beliefs and classroom practices Beck et al., 2000; Brickhouse, 1990; for a review see Fang, 1996; Fitzgerald et al., 2012; Haney et al., 2002; Hashweh, 1996; Lotter et al., 2007; Lucero et al., 2012; Ozel & Luft, 2013; Tsai, 2007; Verjovsky & Waldegg, 2005). For example, Tsai (2007) found coherences between science teachers' beliefs and their instructional practices. Results of an in-depth study of three secondary science teachers by Lotter, Harwood, and Bonner (2007) suggest that teachers' core teaching conceptions (conceptions of science, their students, effective teaching practices, and the purpose of education) influence teachers in designing and performing scientific inquiry-based instruction. The authors stated that “to be successful inquiry professional development must not only teach inquiry knowledge (e.g., questioning skills, data collection techniques), but it must also assess and directly address teachers' core conceptions” (Lotter et al., 2007, p. 1342).

In our study, we focus on biology teachers' beliefs in the area of graph construction. Existing research in the domain of text-picture integration (Schroeder et al., 2011) suggests that teachers' beliefs about the use of visual representations including graphs affect teachers' instructional behaviors and, finally, students' engagement to learn from texts with visual representations. For example, the belief that students should be taught clear strategies on how to learn from texts with visual representations was positively related to the amount of time teachers spent discussing and reviewing texts containing visual representations when they used such texts in their lessons.

Furthermore, teachers' intrinsic motivation was found to be an additional significant factor when it comes to the use of representations in class (McElvany et al., 2012). In general, intrinsically motivated persons engage in activities because they are interested in and enjoy the activity, often resulting in sustained long-term engagement (Deci, 1971; Ryan & Deci, 2000). In educational research, teachers' motivation has been related both to teachers' instructional practices and to students' motivation and is therefore considered an important factor in teaching contexts (e.g. Kunter et al.,

2008). In the area of representations, there is evidence that teachers are more likely to use texts with visual-graphical representations in class if they are motivated to use them (McElvany et al., 2012).

Based on our review of the literature and these studies in particular, we think that access to information about teachers' beliefs and motivation regarding graph construction is valuable for science educators and can guide the design and evaluation of biology teacher education programs and professional development activities in this area.

8.4 Purpose

There is a growing awareness that graphing is an essential part of the science curriculum. While much research has focused on student conceptions and abilities in the area of graphical representations, only a few studies have investigated how teachers think about and use graphical representations in the classroom, none of them focusing particularly on graphs. The present study provides insights into the beliefs and motivation of German secondary biology teachers in the area of graph construction. The following research questions were addressed:

- (1) What are German secondary biology teachers' instructional beliefs and motivation in the area of graph construction?
- (2) How do these variables vary in terms of teaching background?
- (3) Do teachers' beliefs and motivation in the area of graph construction relate to their self-reported instructional practices?

8.5 Methods

This study was a survey of German secondary biology teachers about their beliefs and motivation regarding graph construction in biology class using a specially designed questionnaire.

8.5.1 Measures

In developing the questionnaire, we targeted (1) teacher demographics and teaching background, (2) teacher beliefs and motivation and (3) the self-reported use of instructional activities and practices in the area of graph construction.

Teacher demographics and teaching background. We collected information about participants' demographics and teaching background. According to teachers' beliefs literature, gender and teaching subjects (recoded as dummy-variable: 0 = one science subject (biology) and one non-science subject, 1 = two science subjects) may influence

teachers' beliefs. Furthermore, we asked the respondents how long they taught in School and whether they had any substantial research experience in the natural sciences beyond the practical training in university.

Teacher beliefs and motivation. In developing the belief and motivation items, we were influenced by an existing questionnaire assessing biology, geography, and German teachers' pedagogical beliefs about learning from instructional pictures (McElvany et al., 2012; Schroeder et al., 2011). After adopting and modifying selected scales, a panel of biology educators and a biology teacher (N = 6) reviewed the scales to ensure content validity. Based on the feedback received, the wording and the order of some items in the questionnaire were revised. The resulting instrument was completed by a sample of biology teachers (N = 46) to initially explore reliability and dimensionality of the instrument. After revising the instrument based on the pilot test, the final questionnaire included the following scales: *Providing Strategies* measured the belief that teachers should teach clear strategies for constructing graphs. *Explicit instruction* measured the belief that graph construction should be explicitly practiced in biology class. *Difficulty* was concerned with the belief, that constructing graphs in biology class is complicated and teachers therefore feel uncertain to teach this aspect in class. *Intrinsic motivation* measured teachers' enjoyment when constructing graphs. Each item was to be rated on a 4-point Likert-type scale, ranging from 1 (strongly disagree) to 4 (strongly agree). Table 7 provides the number of items, sample items and reliability of the final scales.

Table 7. Teacher beliefs and motivation: number of items, sample items and reliability of the scales

Scale	n of items	Sample item	α
Providing strategies	4	Biology teachers should provide students with clear strategies that they could apply when constructing graphs.	.77
Explicit instruction	4	It is important to explicitly practice constructing graphs in biology class.	.81
Difficulty	4	Constructing graphs in biology class is hard to teach to students.	.86
Motivation	3	I enjoy constructing graphs in biology class.	.89

A confirmatory factor analysis with intercorrelated factors showed acceptable model fit ($\chi^2 = 114.896$, $df = 84$, $p = .014$, CFI = .938, RMSEA = .072). The internal consistencies of the four scales measured by Cronbach's alpha ranged from satisfying to high (see Table 7).

Teachers' self-reported instructional practices. We designed seven items covering different instructional activities and practices regarding graph construction. Participants indicated how often (1 = never, 2 = rarely, 3 = sometimes, 4 = often) they use these practices in biology class.

8.5.2 Participants

The final instrument was applied in a study with 71 teachers (56% female, 44% male) aged 27 to 62 ($M = 45.3$, $SD = 10.4$). All participants taught biology in different urban and rural secondary schools (academic track, *Gymnasium*) in grades 10 to 13 (age 15-19) in four different states of Germany. The levels of teaching experience varied from one to 40 years with an average of 17.5 years.

8.5.3 Data Collection

As a first step, we sent a letter to the principals of secondary schools (academic track, *Gymnasium*) of four different states in Germany. The letter contained important details about the study and invited biology teachers to participate voluntarily. Overall, 80 teachers responded to our letter. Each teacher was mailed a package, which contained the instruments and specific written instructions on how to carry out the survey. Teachers were instructed to respond to the items as honestly as possible to encourage accurate rating based on their beliefs. Participants were also told that the questionnaire was not a test and that there were no wrong answers. To enhance respondents' understanding of the type of graphic addressed in the survey, we included a line and a bar graph at the beginning of the instrument. 71 completed surveys were posted to the first author.

8.5.4 Data Analysis

We calculated the means and standard deviations for each scale and Pearson product-moment correlation coefficients to determine the relation between variables. Independent *t*-tests were used to explore differences between different groups of teachers. The data were analyzed using SPSS 21.0.

8.6 Results

As shown in table 8, the means of teachers' beliefs and motivation scales were between $M = 1.88$ ($SD = 0.58$) and $M = 3.13$ ($SD = 0.41$) on the four-point scale. Means of all four scales differed significantly from the scale-mean ($M = 2.5$).

Table 8. Means and standard deviations of the teacher scales ($N = 71$)

Scale	M	SD
Providing strategies	3.05	.47
Explicit instruction	3.13	.59
Difficulty	1.88	.58
Motivation	2.89	.70

Pearson product-moment correlation coefficients were calculated to determine the relation between teachers' beliefs and motivation. Table 9 shows the correlation matrix for the variables.

Table 9. Intercorrelations of the teacher scales (N = 71)

Scale	1.	2.	3.
1. Providing strategies	1		
2. Explicit instruction	.481**	1	
3. Difficulty	.217	-.126	1
4. Motivation	.041	.342**	-.388**

* = $p < .05$. ** = $p < .01$

Correlation analyses revealed that there was a significant association between motivation and both *explicit instruction* ($r = .34, p < .01$) and *difficulty* ($r = -.39, p < .01$). Thus, teachers who enjoy constructing graphs tend to find it more important to explicitly practice graph construction in biology class. Teachers who think that constructing graphs in biology instruction is complicated are less motivated to construct graphs with their students. Furthermore, there was a significant correlation between providing strategies and explicit instruction ($r = .48, p < .01$).

In order to examine influences of the subjects taught by the teachers, t-test analyses were conducted. Results suggest a significant difference between teachers with and without a second science subject (Table 10). Participants with two science subjects tend to enjoy constructing graphs in biology instruction more and see this aspect of instruction as less difficult.

Table 10. t-Test of teachers with and without two science subjects

Scale	Subjects	n	M	SD	t	df	p	d
Providing strategies	0	42	3.01	.49	-.83	69	.41	.25
	1	29	3.11	.45				
Explicit instruction	0	42	3.04	.56	-1.59	69	.12	.39
	1	29	3.26	.63				
Difficulty	0	42	2.02	.58	2.51	69	.01	.68
	1	29	1.68	.54				
Motivation	0	40	2.76	.69	-2.00	66	.05	.50
	1	28	3.10	.67				

0 = one science subject, 1 = two science subjects

An independent t-test was also conducted to determine whether there was a significant difference between the teachers with and without research experience in natural sciences (Table 11). The results of the t-test suggest a significant difference between the two groups concerning their motivation. Participants with science research experience enjoy graph construction in biology class more than participants without

science research experience. Comparing the two groups regarding graph construction beliefs, the effects were not significant. There was also no significant association between beliefs and motivation and teaching experience.

Table 11. *t*-Test of biology teachers with and without own substantial research experience in the natural sciences

Scale	Research exp.	n	M	SD	t	df	p	d
Providing strategies	Yes	41	3.11	.51	1.07	68	.287	.25
	No	29	3.00	.42				
Explicit instruction	Yes	41	3.19	.64	1.65	68	.103	.44
	No	29	2.93	.52				
Difficulty	Yes	41	1.74	.60	-2.47	68	.016	.62
	No	29	2.09	.52				
Motivation	Yes	38	3.11	.71	2.95	65	.004	.75
	No	29	2.62	.60				

To tackle the third research question, we analyzed the self-report on instructional activities. Table 12 presents frequencies and percentages of teachers' practices related to graph construction in biology class.

Table 12. Frequencies and percentages of self-reported classroom practices (N = 71)

Item	M	SD	Never %	Rarely %	Some-times %	Often %
Students create a graph using data that is provided.	2.76	.62	2.8	25.4	64.8	7.0
Students create a graph using data they have collected.	2.67	.78	5.7	34.3	47.1	12.9
Students copy a graph from the blackboard.	2.58	.86	9.9	36.6	39.4	14.1
Students create a graph based on their hypotheses about biological relationships.	2.18	.78	18.3	49.3	28.2	4.2
Students discuss self-generated graphs in small groups.	2.14	.88	23.9	45.1	23.9	7.0
Students use a computer to create a graph.	1.86	.72	32.4	50.7	15.5	1.4
Students revise self-generated graphs based on feedback from classmates.	1.83	.77	38.0	42.3	18.3	1.4

Table 12 reveals that *creating graphs using data that is provided*, *creating graphs using self-collected data* and *students copying graphs from the blackboard* received means above the scale mean of 2.5 (2.76, 2.67 and 2.58, respectively). Compared to the first item, the latter two deviate more from the mean, indicating that teachers' self-reported practices are more diverse.

On the other side, the practices *creating graphs based on students' own hypotheses*, *discussing self-generated graphs in small groups*, *creating graphs on the computer* and *revising self-generated graphs based on feedback* received means below the scale mean

of 2.5 (2.2, 2.1, 1.9 and 1.8, respectively). The ratings of the discussion item are widely distributed, with 7% of teachers using this practice frequently, while more than two thirds (69%) indicated that they rarely or never did so. The least common practice was *revising self-generated graphs based on feedback*. It is notable, that 80.3% of participants never or rarely engage in this activity.

Pearson product-moment correlation coefficients were calculated to explore the relation between teachers' beliefs, motivation on the one side and self-reported classroom practices on the other side (Table 13).

Table 13. Intercorrelations between teacher variables and self-reported classroom practices (N = 71)

Classroom practices	Teacher beliefs and motivation			
	Providing strategies	Explicit instruction	Difficulty	Motivation
Creating graphs using provided data	.14	.19	-.20.	.20
Creating graphs using self-collected data	.22	.41**	-.31**	.32**
Creating graphs based on hypotheses	-.09	-.08	-.14	.16
Copying graphs from blackboard	.24*	.19	.03.	.21
Discussing graphs in small groups	.13	.14	-.25*	.26*
Revising graphs based on feedback	-.03	.04	-.24*	.32**
Using PC	-.01	.07	-.25*	.32**

* = $p < .05$. ** = $p < .01$.

Several teachers' beliefs were associated with self-reported teaching practices. Teachers who thought that graphing should be explicitly practiced in biology class reported more frequently to let students create graphs using self-collected data. The higher the perceived difficulty of graph construction the less they report to let students create graphs using self-collected data, discussing their own graphs in small groups, revise their graphs based on feedback and create graphs using a computer. The belief that students should be taught clear strategies for constructing graphs was related to copying graphs from the blackboard. Teachers' motivation was significantly positively correlated to letting students create graphs using self-collected data, discussing their own graphs in small groups, revise their graphs based on feedback and create graphs using a computer.

8.7 Discussion and Implications

The purpose of this study was to explore biology teachers' beliefs, motivation and self-reported practices in the area of graph construction. Since there have been no suitable measures for this particular purpose, we adapted an instrument that could assess different components of beliefs and motivation in the area of graph construction, while displaying internal reliability and demonstrating face validity among biology ed-

ucators. After reviewing the relevant literature, we designed additional items on instructional practices in the area of graph construction. We then tested the instrument in a pilot study and revised it. Data analyses confirmed the dimensionality and reliability of the belief and motivation scales.

Having made sure that our instruments fulfilled certain quality standards, our first objective was to explore German secondary biology teachers' instructional beliefs and motivation in the area of graph construction. We found that the teachers surveyed in this study were rather motivated and secure in their teaching of graph construction. Furthermore, they tend to believe that graph construction should be practiced explicitly in biology class and that students should learn clear strategies for constructing graphs. Since research suggests that beliefs and motivation play a powerful role in teachers' decision-making (Kagan, 1992; Kunter et al., 2008; Mansour, 2009; Pajares, 1992), these results seem to be quite promising for the teachers surveyed in this study.

Independent *t*-tests were used to explore differences between groups of teachers. Female teachers in this sample tend to put a greater emphasis on teaching strategies in the area of graph construction. Differences were also found regarding teachers' subject area. Teachers with two science subjects rated their motivation and secureness higher than those with only one science subject. Moreover, teachers' own research experience seems to have an influence on their beliefs in the area of graphing. These results are in line with studies that indicate that teachers' perspectives on teaching are influenced by the school subjects they teach (Grossman & Stodolsky, 1995; Stodolsky & Grossman, 1995). It has also been shown that preservice teachers' understanding of data collection and visualization are affected by the experience of designing and carrying out their own authentic science investigation (Morrison & McDuffie, 2009). Our findings therefore further support the position that science teacher education programs should incorporate activities in which pre-service teachers improve their graphing knowledge and skills with exposure to authentic science activities or tasks (Szyjka, Mumba, & Wise, 2011; Lunsford, Melear, Roth, Perkins, & Hickok, 2007; Bowen & Roth, 2005). For example, Lunsford and colleagues (2007) report on a science teacher education course on scientific observation and guided inquiry that emphasize the production of inscriptions. They found that the quantity as well as the quality of inscriptions by pre-service teachers increased while they completed investigations that they had designed. Based on their findings, they recommend that this type of science teacher education program requires "multiple experiences, spanning multiple semesters, in which potential teachers of science are routinely expected to engage in authentic scientific activity and use of inscriptions to document and communicate" (Lunsford et al., 2007, p. 561).

A second objective of this study was to explore which graph construction practices the participants report as frequently used and relate them to their beliefs and motivation. The teachers surveyed declared to use some of the graph construction activities more frequently than others. First of all, on average, constructing graphs using both provided and self-collected data is relatively common among the teachers surveyed. Yet, it is notable, that only a few teachers let students engage in collective graphing activities, like discussing self-generated graphs in small groups or, even less, revising self-generated graphs based on feedback. This implies that there might be limited opportunities for their students to experience graphing as an authentic social and iterative practice. Although the small sample size ($N = 71$) may limit result generalizability we wonder if science teachers are especially concerned about the technical aspects of graph construction tasks, like selecting and labeling of axes or plotting, and providing corresponding strategies and – especially under time pressure – might not make their students aware of the social and interactive nature of science graphing and inscribing. Answers in the open section of the questionnaire imply that the teachers surveyed perceive graph construction tasks already as very time-consuming. They may be willing to neglect this aspect in favor of covering more content.

Another practice reported using rarely was constructing graphs on a computer. Fewer than two percent of participants reported using computers frequently for graphing tasks; in contrast, about one third of the teachers never do so. One possible explanation for this finding is teachers' lack of knowledge about or experience with technologies or tools that visualize science data. Several technological tools have been suggested or specially developed for improving students' representational competence, including statistical modeling software like EXCEL (Lo & Starling, 2009) or more domain-specific computer-based environments like *ChemSense* (Michalchik, Rosenquist, Kozma, Kreikemeier, & Schank, 2008). Science teacher education programs should provide opportunities for teachers to work with them, identifying and discussing their strengths and limitations in visualizing data in science class.

Our third objective was to relate teachers' beliefs and motivation to their self-reported instructional practices in the area of graph construction. Results suggests that beliefs and motivation might influence how often teachers use certain graph construction activities. We found that teachers with higher certainty beliefs and higher motivation report to implement graph construction activities more often in their instruction, especially the student-centered activities. In the light of the importance of these activities as identified by previous research more research on teachers' beliefs and motivation in the area of graphing and the relationship to instructional practices is needed. This could be accompanied by identifying contextual factors believed to be beneficial for this type of instruction.

8.8 Limitations and Future Research

This study could serve as a starting point for further examining teachers' beliefs and motivation in the area of graph construction. However, there are some important limitations regarding the data presented that should be considered for further research.

First, we relied on self-report surveys to investigate teacher variables, recognizing that this is only one approach. Even though assessing beliefs and motivational aspects with self-report surveys is very common, it has been criticized. For example, researchers argue that participants may tend to give socially desirable answers with self-report measures (Holtgraves, 2004). Although we explicitly instructed teachers to answer as honestly as possible and emphasized the anonymity of the survey as well as that there were no wrong answers with regard to the questionnaire, we cannot completely rule out that participants presented themselves overly positively regarding their beliefs and motivation. Therefore, future research is needed to explore the consistency and generalizability of the results found in this study. Subsequent studies might include qualitative research methods like interviews to provide deeper insights into teachers' beliefs and motivation in the area of graph construction. It would also be important to compare teachers' perceptions of instructional activities with students' perceptions or observed behavior in class.

Second, the sample draws from pre-service and practicing secondary school biology teacher populations from four states in Germany. Thus, we cannot claim that the results generated in this study apply to all pre-service and practicing biology teachers. Furthermore, due to the voluntary participation it is possible that the sample included a comparatively large number of teachers who had experience with or interest in graph construction. Further research is needed to replicate the study for different populations of teachers, for example in exploring the beliefs and motivation of teachers from different teaching contexts (e.g. elementary school). Furthermore, it would be interesting to expand this study to other disciplines, like physics, chemistry or non-science subjects. Given the fact that teachers' beliefs and motivation influence student learning, future research may also pay attention to examining how science teachers' beliefs and motivation regarding graph construction are related to actual classroom practices and student performance. Our future research will include attempts to answer the question as to which instructional beliefs and practices might support the development of students' skills, motivation and self-efficacy in the area of graphing.

Despite the limitations mentioned, these analyses can represent a first step in investigating teachers' beliefs and motivation in the area of graphing. We suggest that this line of research continues in order to explore the consistency and generalizability of the results found in this study and to further investigate how teachers think about

and use graphs in the science classroom. Continued work in this area holds the potential to provide valuable information for the development of science teacher education programs and, ultimately, for improving students' learning with graphs in science class.

Kapitel 9

Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht – Zusammenhänge zwischen Lehrer-, Unterrichts- und Schülerebene

9.1 Einleitung

In der Lehrerforschung gelten Überzeugungen als wichtige Determinante der Unterrichtsplanung und -gestaltung einer Lehrkraft (Kagan, 1992; Mansour, 2009; Pajares, 1992). Der entsprechende Wirkzusammenhang ist empirisch bereits gut untersucht (Beck et al., 2000; Brickhouse, 1990; Fitzgerald et al., 2012; Haney et al., 2002; Hashweh, 1996; Lotter et al., 2007; Lucero et al., 2012; Ozel & Luft, 2013; Tsai, 2007; Verjovsky & Waldegg, 2005). Zunehmend werden in der Überzeugungsforschung auch die Einflüsse von Lehrerüberzeugungen auf Schülervariablen in den Blick genommen (Dubberke et al., 2008; Leuchter, 2009; McNeill et al., 2011; Müller, 2004; Schroeder et al., 2011; Seidel et al., 2008; Staub & Stern, 2002; Voss et al., 2011) – häufig unter Verwendung mehrebenenanalytischer Verfahren. In Untersuchungen, in denen Lehrer-, Unterrichts- und Schülerdaten vorliegen, wird dabei in der Regel die Mediationshypothese geprüft, dass Lehrerüberzeugungen sich vermittelt über die Unterrichtsgestaltung auf Schülervariablen auswirken (Dubberke et al., 2008; Schroeder et al., 2011; Voss et al., 2011). Vor diesem Hintergrund sollen in der vorliegenden Untersuchung ausgewählte Überzeugungen zum Lesen und Erstellen von Achsendiagrammen untersucht und mit Aspekten der Unterrichtsgestaltung sowie mit Zielvariablen auf Seiten der Lernenden in Beziehung gesetzt werden.

Auf Ebene der Unterrichtsgestaltung wurde mit dem expliziten Üben des Umgangs mit Achsendiagrammen ein Aspekt erfasst, der in der entsprechenden didaktischen Literatur als Qualitätsmerkmal angesehen wird (vgl. Kapitel 2.3.2). Aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften gehören Achsendiagrammen zu den in den Naturwissenschaften am häufigsten eingesetzten Repräsentationen (vgl. Kapitel 2.3.2). Ein sachgerechter Umgang mit den hoch konventionalisierten, abstrakten und komplexen Achsendiagrammen im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts stellt Lernende erwiesenermaßen jedoch vor diverse Lern- und Verständnisschwierigkeiten (Berg & Phillips, 1994; Glazer, 2011; Hattikudur et al., 2012; Leinhardt et al., 1990; Mevarech & Kramarski, 1997; Shah & Hoeffner, 2002; Tairab & Khalaf Al-Naqbi, 2004). In der fachdidaktischen Forschung wird daher empfohlen, Lese- und Konstruktionsfähigkeiten explizit im naturwissenschaftlichen Unterricht zu thematisieren und zu üben (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2010; Roth & McGinn, 1997; Roth & McGinn, 1998; Wu & Krajcik, 2006b).

Auf Seiten der Lernenden wurde mit den Selbstwirksamkeitserwartungen eine bedeutende Zielvariable im Bereich des Umgangs mit Achsendiagrammen in den Blick genommen. Domänenspezifische Selbstwirksamkeitserwartungen gelten als bedeutsam für die Lernbereitschaft, Lerneffektivität und Leistung von Lernenden in der entsprechenden Domäne (Bandura, 1993, Bandura, 1997). Sie werden definiert als „beliefs in one's capabilities to organize and execute the courses of action required to produce

given attainments“ (Bandura, 1997, S. 3). Es handelt sich demnach um selbstwahrgenommene kontext- und domänenspezifische Kompetenzen in Hinblick auf eine entsprechende Aufgabe. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Schülerinnen und Schüler gebeten, ihre Kompetenzen zum Lesen und Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht einzuschätzen.

9.2 Fragestellung

Im Folgenden werden Analysen zu den Zusammenhängen zwischen Lehrerüberzeugungen zum Umgang mit Diagrammen, Aspekten der Unterrichtsgestaltung und den Selbstwirksamkeitserwartungen der unterrichteten Schülerinnen und Schüler berichtet. Den Analysen lagen folgende Forschungsfragen zugrunde:

Variiert die von den Lernenden eingeschätzte Unterrichtsgestaltung im Bereich des expliziten Übens des Umgangs mit Diagrammen bedeutsam zwischen den Klassen?

Sind Überzeugungen der Lehrkräfte zum Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht bedeutsam für die erhobenen Aspekte der Unterrichtsgestaltung sowie die Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler im Bereich des Umgangs mit Diagrammen?

Finden sich hinsichtlich der untersuchten Variablen Unterschiede zwischen den Bereichen Lesen und Erstellen von Diagrammen?

9.3 Methode

9.3.1 Stichprobe

Die Analysen basieren auf einer Stichprobe von $N = 68$ Biologiekursen der Jahrgangsstufen 10-13 mit insgesamt 1226 Lernenden ($n_{\text{Jgst.10}} = 155$; $n_{\text{Jgst.11}} = 453$; $n_{\text{Jgst.12}} = 546$; $n_{\text{Jgst.13}} = 72$) aus Gymnasien in Schleswig-Holstein, Brandenburg und Sachsen sowie deren 62 Biologielehrkräften. Die Biologiekurse umfassten im Mittel 18 Lernende (Spannweite: 5-30 Lernende, $SD = 6$), die im Durchschnitt 17 Jahre alt waren ($SD = 1$). Der Anteil an Schülerinnen lag bei 53%. 60% der Lernenden besuchten Grundkurse, 40% Leistungskurse.

Bei den 62 Lehrkräften handelt es sich um eine Substichprobe aus den in Teiluntersuchungen 2 und 3 untersuchten 71 Biologielehrkräften. Im Vorfeld der Mehrebenenanalysen wurden Lehrkräfte, die ihre Biologiekurse zum Zeitpunkt der Befragung weniger als ein halbes Jahr unterrichtet hatten, aus den Berechnungen ausgeschlossen. Eine Lehrkraft nahm mit drei Biologiekursen, vier weitere mit zwei Biologiekursen teil. Die restlichen Lehrkräfte nahmen mit jeweils einem Biologiekurs teil. Das durch-

schnittliche Alter der befragten Lehrkräfte lag bei 45 Jahren ($SD = 10$). 54% der Lehrkräfte waren weiblich. Die Berufserfahrung der Lehrkräfte lag bei durchschnittlich 18 Jahren ($SD = 11$).

9.3.2 Datenerhebung

In Anlehnung an die empirische Forschung im Bereich des Umgangs mit Diagrammen (vgl. Kapitel 2.3.2) wurde bezüglich der erhobenen Lehrer-, Unterrichts- und Schülervariablen zwischen den Bereichen Lesen und Erstellen von Diagrammen unterschieden. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden die entsprechenden Items für Lesen und Erstellen parallel formuliert. Konfirmatorische Faktorenanalysen stützen dabei die Annahme einer Trennbarkeit der beiden Aspekte (vgl. A.1.1).

Überzeugungen der Lehrkräfte. Im Bereich der Überzeugungen wurden die Skalen *Explizites Üben* sowie *Schwierigkeit* eingesetzt (für Beispielitems vgl. Kapitel 7 und 8). Die Skalen wiesen bezogen auf die vorliegende Stichprobe mit Cronbachs Alpha-Werten von .75 bis .86 befriedigende interne Konsistenzen auf.

Explizites Üben im Unterricht. Das explizite Üben des Lesens bzw. Erstellens von Diagrammen im Unterricht wurde über aggregierte Schülerurteile erfasst. In der quantitativen Unterrichtsforschung ist diese Erhebungsmethode etabliert. Sie erlaubt es, zeit- und aufwandsökonomisch auf einen längeren Erfahrungszeitraum zurückzugreifen, anders als bei stichprobenartig erhobenen Beobachtungsdaten zu spezifischen Unterrichtsstunden (Clausen, 2002). Darüber hinaus können Schülerinnen und Schüler aufgrund ihrer langjährigen Erfahrungen mit Unterricht als Experten für Unterricht und dessen Gestaltung angesehen werden (Clausen, 2002; Kunter & Baumert, 2006). Schülerurteile gelten daher bei vielen Vertretern der Lehr-Lern-Forschung als valide, generalisierende Beschreibungen von Unterricht, insbesondere wenn die Daten auf Klassenebene aggregiert werden (Clausen, 2002; Gruehn, 2000; Jong & Westerhof, 2001; Kunter & Baumert, 2006; Lüdtke, Trautwein, Kunter, & Baumert, 2006).

Die eingesetzten Skalen bestanden jeweils aus vier Items (Bsp. „Unsere Biologielehrkraft übt mit uns systematisch das Lesen/Erstellen von Diagrammen.“). Die Items wurden so formuliert, dass sie auf den Unterricht oder die Lehrkraft, und damit auf das Geschehen in der Klasse verweisen. Bei Variablen, bei denen allen Schülerurteilen dasselbe Konstrukt zugrunde liegt, sind die Einzelurteile einer Klasse aus statistischer Sicht austauschbar und sollten innerhalb der Klassen möglichst gut übereinstimmen (Marsh et al., 2012). Zur Bestimmung der Reliabilität aggregierter Schülereinschätzungen wird die Berechnung der ICC_2 empfohlen, die aus der mittleren Klassengröße und der ICC_1 errechnet wird (Lüdtke et al., 2006). Ab einer $ICC_2 > 0.70$ gelten aggregierte Schülerurteile als ausreichend reliables Maß zur Beurteilung der Unterrichtsgestaltung (Lüdtke et al., 2006). Die ICC_2 der eingesetzten Skala betrug .85 für das Lesen

und .77 für das Erstellen und spricht für eine befriedigende Reliabilität der Unterrichtswahrnehmungen.

Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden. Die Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich des Lesens und Erstellens von Diagrammen wurde mit jeweils einer Kurzsкала bestehend aus drei Items erhoben (Bsp. „Ich bin mir sicher, dass ich Diagramme im Biologieunterricht korrekt lesen/erstellen kann.“). Die Cronbachs Alpha-Werte der Skalen betragen .78 für das Lesen und .85 für das Erstellen.

Alle eingesetzten Items waren als Aussagen formuliert, die auf einer vierstufigen Antwortskala von 1 = *trifft überhaupt nicht zu* über 2 = *trifft eher nicht zu* und 3 = *trifft eher zu* bis 4 = *trifft voll und ganz zu* beurteilt werden sollten.

Kontrollvariablen. Da sich die Stichprobe aus Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 10-13 aus Grund- und Leistungskursen zusammensetzte, wurden die Jahrgangsstufe und das Kursniveau als Kontrollvariablen auf Klassenebene in die Modelle aufgenommen. Auf Schülerebene wurden das Geschlecht sowie erfasste Indikatoren für schulische Leistungen als Kontrollvariablen aufgenommen, da diese in Zusammenhang mit der Selbstwirksamkeit stehen könnten (vgl. Kapitel 9.5). Da die Konstrukte in der vorliegenden Untersuchung domänenspezifisch, d. h. bezogen auf den Biologieunterricht erhoben wurden, wurde zum einen die Biologienote als Leistungsindikator aufgenommen. Die Mathematiknote wurde zusätzlich erfasst, da ein sachgerechter Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht Fähigkeiten voraussetzt, die mit mathematischen Leistungen zusammenhängen können (Lachmayer, 2008).

9.3.3 Datenanalyse

9.3.3.1 Struktur der erhobenen Daten und Auswertungsansatz

Für die vorliegende Untersuchung wurde auf Ratings von 1226 Lernenden aus 68 Biologiekursen zurückgegriffen. Sind einzelne Rater (hier Schülerinnen und Schüler) auf einer übergeordneten Ebene (hier Klassen) geclustert, bezeichnet man die resultierende Datenstruktur als hierarchisch. Hierarchische Datensätze weisen messtheoretische Besonderheiten auf (Hox, 2010; Lüdtke, Trautwein, Schnyder, & Niggli, 2007): Erstens ist davon auszugehen, dass Schülerinnen und Schüler derselben Klasse ähnlichen Einflüssen ausgesetzt sind, so dass sich die Einzelurteile innerhalb einer Klasse ähnlicher sind als Einzelurteile aus unterschiedlichen Klassen. Hierdurch wird angestrebte Unabhängigkeit von Ratern verletzt. Zweitens lassen sich in solchen Datensätzen zwei Quellen von Variation unterscheiden, die Unterschiede in den individuellen Einschätzungen des Unterrichts erklären können: die Variation auf Individual- und auf Klassenebene. Werden diese Besonderheiten hierarchischer Datensätze nicht

berücksichtigt, kann es zu Fehlern in den statistischen Analysen kommen (Lüdtke et al., 2007; Raudenbush & Bryk, 2002).

Ein adäquates Auswertungsverfahren, das die Struktur geclusterter Datensätze berücksichtigt und die simultane Einbeziehung von Einflussvariablen auf Schüler- und Klassenebene ermöglicht, ist die Mehrebenenanalyse (Lüdtke, Robitzsch, Trautwein, & Kunter, 2009). Für die in der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Analysen wurden zwei hierarchische Ebenen unterschieden, die Schülerebene (*Level 1*) und die Klassenebene (*Level 2*). Die untersuchten Lehrermerkmale gingen latent auf der Klassenebene ins Modell ein. Die Unterrichtsgestaltung und die Selbstwirksamkeit wurden sowohl auf der Schüler- als auch auf der Klassenebene latent modelliert. Ein großer Vorteil dieser doppelt latenten Modellierung besteht darin, dass neben den Störeinflüssen, die auf unterschiedliche Stichprobengrößen der Cluster (hier: Kurse) zurückgehen, auch Messfehler auf der Schüler- und Klassenebene statistisch angemessen berücksichtigt und korrigiert werden (Marsh et al., 2009; Marsh et al., 2012). Die erhobenen Kontrollvariablen gingen manifest auf der Individual- (Geschlecht, Zeugnisnoten in Biologie und Mathematik) bzw. auf der Klassenebene (Jahrgang und Kursniveau) ins Modell ein.

9.3.3.2 *Analyseschritte*

Um zu überprüfen, ob sich die von den Schülerinnen und Schülern eingeschätzte Unterrichtsgestaltung in Bezug auf den Umgang mit Diagrammen in den untersuchten Biologiekursen bedeutsam unterscheidet, wurde zunächst ein random-intercept-only-Modell (*Nullmodell*) spezifiziert. Das Modell enthält keine erklärenden Variablen, sondern nur eine Regressionskonstante und deren zufällige Variation über die Kurse (Snijders & Bosker, 2003). Aus dem Modell lässt sich die Intraklassenkorrelation (ICC_i) entnehmen, die angibt, welcher Anteil der Varianz in einem Schülerurteil durch die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse erklärt wird (Kreft & Leeuw, 1999, S. 10; Lüdtke et al., 2006). Bereits sehr geringe Intraklassenkorrelationen zwischen .01 und .05 indizieren systematische Unterschiede zwischen den Klassen und sprechen für eine mehrebenenanalytische Auswertung der Daten (Cohen, Cohen, West, & Aiken, 2003, S. 538; Kreft & Leeuw, 1999, S. 10).

Um die Zusammenhänge zwischen den erfassten Variablen zu untersuchen, wurden mehrere Mehrebenen-Regressionsmodelle spezifiziert. Die hierbei zugrunde gelegten Strukturmodelle müssen klar von dem weiter oben beschriebenen Messmodell unterschieden werden. Zwar wurden im Messmodell die Unterrichtsgestaltung und die Selbstwirksamkeit der Lernenden sowohl auf Schüler- als auch auf Klassenebene modelliert, das Forschungsinteresse galt jedoch ausschließlich ihrem Zusammenhang

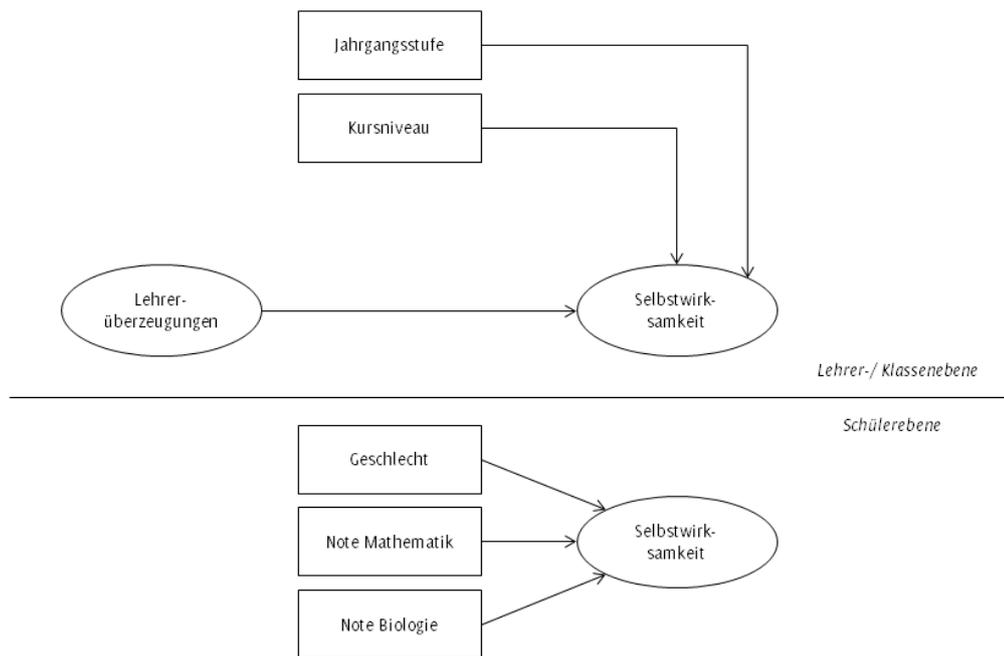
auf der Klassenebene. Entsprechend wurde der Zusammenhang zwischen beiden Variablen im Strukturmodell auch ausschließlich auf der Klassenebene modelliert. Die Unterrichtswahrnehmungen auf Individualebene haben im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für sich genommen keine strukturelle Bedeutung für den Effekt der Unterrichtsgestaltung. Sie werden im Messmodell mitmodelliert, um bei der Aggregation auf Messfehler und Fehler, die auf unterschiedliche Stichprobengrößen zurückgehen, kontrollieren zu können (Morin, Marsh, Nagengast, & Scalas, 2013).

Ein erstes Mehrebenen-Regressionsmodell enthielt sämtliche Kontrollvariablen als Prädiktoren (*Kontrollmodell*). Dies erlaubte es zu überprüfen, welche Anteile der Varianz in den Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden bereits durch die Kontrollvariablen erklärt werden. Anschließend wurden die Lehrerüberzeugungen als Prädiktoren auf der Klassenebene aufgenommen (*Blackbox-Modell*). Dies geschah schrittweise, um zu überprüfen, inwiefern diese jeweils zur Erklärung der Varianz in den Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler auf Klassenebene beitragen. Nach einer Prüfung des Zusammenhangs zwischen den Lehrerüberzeugungen und der Unterrichtsgestaltung, wurde schließlich die Unterrichtsgestaltung als zusätzlicher Prädiktor auf der Klassenebene ins Modell aufgenommen (*Mediationsmodell*). Dieser letzte Schritt erlaubte es der Frage nachzugehen, ob die Unterrichtsgestaltung bedeutsame Anteile der Variation in den Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler auf Klassenebene aufklärt und möglicherweise eine vermittelnde Rolle zwischen den Lehrer- und Schülervariablen einnimmt.

Die Voraussetzungen für eine Mediatoranalyse gelten als erfüllt, wenn die unabhängige Variable (Lehrerüberzeugungen) signifikant mit (a) dem Mediator (Unterrichtsgestaltung), und (b) der abhängigen Variable (Schülerselbstwirksamkeit) zusammenhängt sowie (c) ein bedeutsamer Effekt zwischen der unabhängigen Variable und der abhängigen Variable besteht (Baron & Kenny, 1986). Wenn sich darüber hinaus bei Aufnahme des Mediators der Zusammenhang zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variable reduziert, kann von einer Mediation gesprochen werden (Baron & Kenny, 1986). Sowohl beim Blackbox-Modell als auch beim Mediationsmodell wurde jeweils für die Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene kontrolliert.

Beide Modelle sind schematisch in Abbildung 6 dargestellt.

Blackbox-Modell



Mediationsmodell

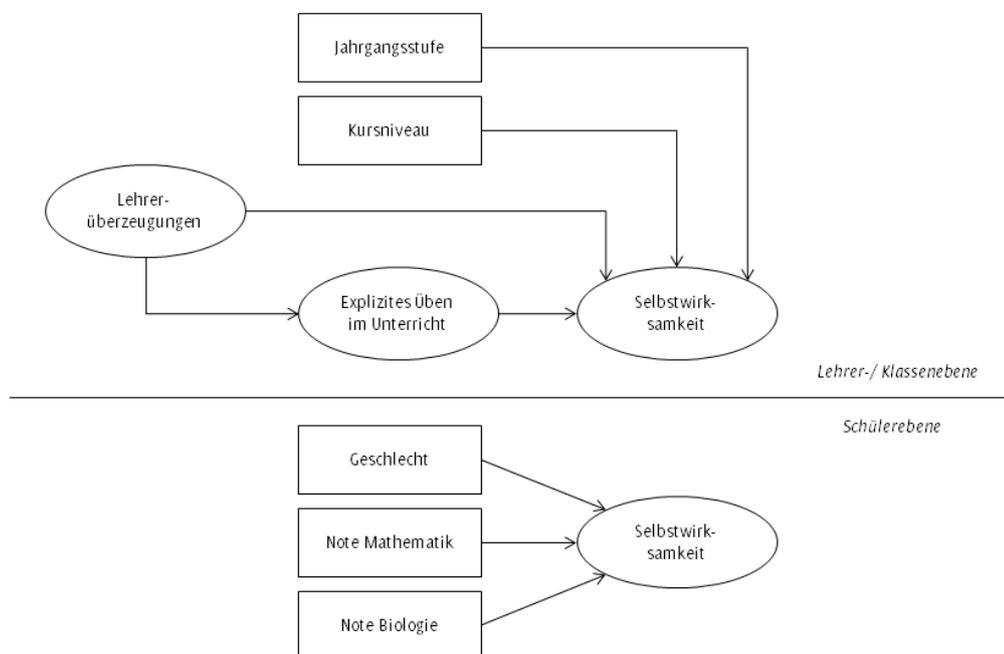


Abbildung 6. Mehrebenen-Regressionsmodelle zur Untersuchung des Effekts der Lehrerüberzeugungen auf die Unterrichtsgestaltung und die Selbstwirksamkeit der Lernenden

Alle Analysen wurden mit dem Statistik-Programm Mplus 7 durchgeführt (Muthén & Muthén, 2010). Für die Berechnungen wurde der voreingestellte MLR-Schätzer verwendet, der als verhältnismäßig robust gegenüber möglichen Verletzungen der multivariaten Normalverteilungsannahme gilt. Alle Variablen – die Kontrollvariablen ausgenommen – wurden z-standardisiert.

9.3.3.3 Zentrierung der Prädiktoren

Auf die Bedeutung der Metrik von Prädiktoren wird in vielen einschlägigen Lehrwerken und Forschungsarbeiten zur Mehrebenenanalyse hingewiesen (Ditton, 1998; Enders & Tofighi, 2007; Hox, 2010; Kreft, Leeuw, & Aiken, 1995; Lüdtke et al., 2009; Raudenbush & Bryk, 2002). Grundsätzlich lassen sich für die Prädiktoren in Mehrebenenmodellen unterschiedliche Metriken verwenden.

Für Level 1-Prädiktoren bieten sich im Rahmen der Mehrebenenanalyse drei übliche Optionen an: Beibehaltung der Ursprungsmetrik (d. h. keine Zentrierung), Zentrierung am Gesamtmittelwert (*grand mean centering*) oder Zentrierung am Gruppenmittelwert (*group mean centering*).¹⁰ Zwischen den Optionen bestehen zum Teil wesentliche Unterschiede, die sich auf die Interpretation der geschätzten Koeffizienten und auf die Zerlegung der untersuchten Effekte auswirken können (Ditton, 1998). Auf beide Aspekte soll im Folgenden kurz eingegangen werden.

Wird die Ursprungsmetrik beibehalten, drückt die Regressionskonstante den Erwartungswert für eine Person aus, bei der die Level 1-Prädiktoren einen Wert von Null annehmen. Um die Modellparameter sinnvoll interpretieren zu können, sollte der Messwert Null daher in dem Wertebereich der untersuchten Prädiktorvariablen liegen. Ist dies nicht der Fall (z. B. bei einer Notenskala von 1 bis 6), ist die Wahl einer alternativen Metrik zu bevorzugen. Hierzu bietet sich eine Zentrierung der Level 1-Prädiktoren um den Gesamt- oder den jeweiligen Gruppenmittelwert an. Bei der Zentrierung am Gesamtmittelwert geht statt des individuellen Rohwertes die individuelle Abweichung vom Gesamtmittelwert, d. h. vom Mittelwert aller befragten Individuen, in die Analyse ein. Die Regressionskonstante lässt sich nun als der Erwartungswert für eine Person interpretieren, bei der die Ausprägung der Level 1-Prädiktoren dem Gesamtdurchschnitt entspricht. Bei der Zentrierung am Gruppenmittelwert geht hingegen die individuelle Abweichung vom Mittelwert der Gruppe, der

¹⁰ Neben diesen üblichen Zentrierungsoptionen gibt es die Möglichkeit, an spezifischen, im jeweiligen Untersuchungskontext bedeutsamen, Werten zu zentrieren (vgl. Raudenbush & Bryk, 2002, S. 33–33). So ist es beispielsweise möglich, einen bereits aus der Theorie bekannten Populationsmittelwert als Nullpunkt anzunehmen.

das Individuum angehört, in die Analyse ein. Die Regressionskonstante entspricht damit dem Erwartungswert für eine Person, die bezogen auf die Level 1-Prädiktoren innerhalb ihrer Gruppe dem Durchschnitt entspricht.

Auch für die Zerlegung der untersuchten Effekte in Individual- und Gruppenanteile spielt die Wahl einer Zentrierungsoption eine entscheidende Rolle (vgl. u. a. Ditton, 1998, S. 80ff.). Bei der Zentrierung von Level 1-Prädiktoren um den Gesamtmittelwert enthalten die resultierenden Werte Varianz, die sowohl auf die Individual- als auch auf die Gruppenebene zurückgeht. Sie korrelieren dementsprechend mit den Level 2-Prädiktoren. Folglich entspricht der Effekt auf der Gruppenebene dem Einfluss der Level 2-Prädiktoren auf die abhängige Variable, und zwar nach Kontrolle der Level 1-Prädiktoren und ist damit als partieller Effekt anzusehen. Bei der Zentrierung der Level 1-Prädiktoren am Gruppenmittelwert wird der Nullpunkt auf die jeweiligen Gruppenmittelwerte verschoben. Da die resultierenden Werte als Abweichung vom Gruppenmittelwert berechnet werden, enthalten sie keine Varianz mehr, die auf Unterschiede zwischen Klassen zurückgeht. Der Effekt auf Klassenebene entspricht damit dem Einfluss der Level 2-Prädiktoren auf die abhängige Variable ohne Kontrolle auf Level 1-Prädiktoren.

Welches der Verfahren zum Einsatz kommt, hängt wesentlich von den untersuchten Hypothesen und der vorliegenden Datenstruktur ab (Hox, 2010; Raudenbush & Bryk, 2002; Snijders & Bosker, 2003). Entscheidend ist dabei, ob Effekte von Level 1- oder Level 2-Prädiktoren oder Wechselwirkungen zwischen beiden untersucht werden (Enders & Tofighi, 2007; Marsh et al., 2012). In der vorliegenden Studie liegt das Forschungsinteresse auf der Klassenebene und damit auf Effekten von Level 2-Prädiktoren (Lehrerüberzeugungen, Unterrichtsgestaltung) auf die abhängige Variable (Selbstwirksamkeit der Schülerinnen und Schüler). Die Einflüsse von Level 1-Prädiktoren werden in diesem Zusammenhang als potentielle Störgrößen betrachtet, die die Übereinstimmung zwischen den Ratern und damit die Reliabilität der Beurteilungsmaße negativ beeinflussen. Um diese Einflüsse zu kontrollieren, wurde für die Level 1-Prädiktoren in Form der Kontrollvariablen auf Schülerebene (Geschlecht, Zeugnisnoten) eine Zentrierung am Gesamtmittelwert vorgenommen.

Verglichen mit der Zentrierung der Level 1-Prädiktoren wird der Zentrierung von Level 2-Prädiktoren im Rahmen der Mehrebenenforschung eine geringere Bedeutung zugesprochen (Enders & Tofighi, 2007). Da die Werte innerhalb der Cluster nicht variieren, stehen von den drei vorgestellten Optionen die Beibehaltung der Rohmetrik und die Zentrierung am Gesamtmittelwert zur Verfügung. Aufgrund des fehlenden natürlichen Nullpunktes wurden in der vorliegenden Untersuchung die Level 2-Prädiktoren in Form der Kontrollvariablen auf der Klassenebene (Jahrgang, Kursniveau) am Gesamtmittelwert zentriert.

9.3.3.4 Beurteilung der Modellpassung

Für die Beurteilung der Güte der Modellpassung wurden der χ^2 -Test sowie der Root Mean Square Error Of Approximation (RMSEA) und der Comparative Fit Index (CFI) herangezogen. Idealerweise sollte das Verhältnis von χ^2 -Wert zu Freiheitsgraden klein ausfallen, der χ^2 -Wert sollte nicht signifikant werden (Schermelleh-Engel, Moosbrugger, & Müller, 2003). Modelle mit einem RMSEA zwischen .00 und .05 und einem CFI über .95 werden konventionsgemäß als gut bis sehr gut, Modelle mit einem RMSEA zwischen .05 und .08 und einem CFI von über .90 als noch akzeptabel beurteilt (Byrne, 2012; Hu & Bentler, 1999; Schermelleh-Engel et al., 2003).

9.3.3.5 Umgang mit fehlenden Werten

Für die Schätzung fehlender Werte wurde das Full-Information-Maximum-Likelihood (FIML) Verfahren eingesetzt. Im Gegensatz zu klassischen Ansätzen wie dem listenweisen Fallausschluss wird beim FIML-Verfahren das Analysemodell für alle Fälle – auch für diejenigen mit fehlenden Werten – spezifiziert, so dass die Stichprobe optimal ausgeschöpft werden kann (Lüdtke, Robitzsch, Trautwein, & Köller, 2007; Schafer & Graham, 2002).

9.4 Ergebnisse

9.4.1 Deskriptive Kennwerte und Varianz zwischen den Klassen

In Tabelle 14 sind die deskriptiven Kennwerte der untersuchten Variablen zusammengefasst. Auf Ebene der Lehrkräfte ließ sich feststellen, dass das Üben des Lesens und Erstellens von Diagrammen von den befragten Lehrkräften für das Fach Biologie im Durchschnitt als notwendig wahrgenommen wird. Der Mittelwert im Bereich des Lesens lag dabei signifikant über dem des Erstellens ($t(61) = 3.211, p < .05$). Die wahrgenommene Schwierigkeit auf Seiten der Lehrkräfte war für beide Bereiche ähnlich gering. Bezüglich der Unterrichtsgestaltung lag der Mittelwert der Schülereinschätzungen, dass das Lesen bzw. Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt wird, unter dem Skalenmittel von 2.5 und damit im eher ablehnenden Bereich. Auch hier lag der Mittelwert im Bereich des Lesens signifikant über dem des Erstellens ($t(1286) = 16.857, p < .05$). Die auf Schülerebene erhobene Selbstwirksamkeit liegt durchschnittlich sowohl für das Lesen als auch das Erstellen von Diagrammen über dem Skalenmittelwert und damit im zustimmenden Bereich. Hier fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bereichen.

Tabelle 14. Deskriptive Kennwerte und Intraklassenkorrelationen der Skalen

	Lesen			Erstellen		
	M	SD	ICC ₁	M	SD	ICC ₁
Lehrerebene						
Explizites Üben	3.31	.52	-	3.11	.61	-
Schwierigkeit	1.89	.59	-	1.94	.59	-
Unterrichtsebene						
Explizites Üben	1.98	.74	.25	1.70	.63	.16
Schülerebene						
Selbstwirksamkeit	3.09	.58	.05	3.00	.66	.07

Eine Betrachtung der ICC₁ (vgl. Tabelle 14) verdeutlicht, dass bezüglich der von den Schülerinnen und Schülern eingeschätzten Variablen systematische Unterschiede zwischen den Kursen bestehen. Vor allem bei den Schülerwahrnehmungen zum expliziten Üben lag ein relativ großer Anteil der interindividuellen Variation zwischen den Kursen (25% für das Lesen, 16% für das Erstellen). Bei den Selbstwirksamkeitserwartungen finden sich kleinere, jedoch systematische Unterschiede zwischen den Kursen; 5 bzw. 7% der Varianz ging auf die Kurszugehörigkeit zurück.

9.4.2 Ergebnisse der Mehrebenen-Regressionsanalyse

Die Ergebnisse der Mehrebenen-Regressionsanalysen zur Vorhersage der Selbstwirksamkeitserwartungen sind in Tabelle 15 zusammengefasst. Zunächst sollen die Effekte der Kontrollvariablen betrachtet werden (vgl. Tabelle 15, Modell 1).

Auf der Individualebene erwies sich das Geschlecht als prädiktiv für die Selbstwirksamkeitserwartungen sowohl im Bereich des Lesens als auch Erstellens von Diagrammen. Schüler schätzten ihre Fähigkeiten dabei signifikant höher ein als Schülerinnen. Auch hinsichtlich der Biologienote fand sich ein signifikanter Effekt: Schülerinnen und Schüler mit einer guten Biologienote zeigten höhere Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich des Lesens und Erstellens von Diagrammen. Die Mathematiknote erwies sich zudem als prädiktiv für die Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Erstellens von Diagrammen. Die Kontrollvariablen erklärten zusammen 10% bzw. 11% der Varianz auf Individualebene.

Auf der Klassenebene stellten sich das Kursniveau und die Jahrgangsstufe als bedeutende und statistisch signifikante Prädiktoren für die Selbstwirksamkeit bezüglich des Erstellens von Diagrammen heraus. Schülerinnen und Schüler aus höheren Jahrgangsstufen und aus Leistungskursen schätzten ihre eigenen Fähigkeiten zum Erstellen von Diagrammen besser ein als Schülerinnen und Schüler niedrigerer Jahrgangsstufen und aus Grundkursen. Beim Lesen von Diagrammen fanden sich zwar auch positive Koeffizienten, diese waren jedoch nicht signifikant. Insgesamt wurden durch

die Kontrollvariablen 9% bzw. 29% der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den Selbstwirksamkeitserwartungen aufgeklärt.

Hinsichtlich der Effekte der erfassten Lehrerüberzeugungen ergab sich ein differenziertes Bild (vgl. Tabelle 15, Modelle 2a und 2b). Für das Lesen von Diagrammen ließ sich ein direkter Pfad zur Selbstwirksamkeit der Schülerinnen und Schüler nachweisen: Die Lehrerüberzeugung, dass das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden muss, hing positiv, jedoch nur tendenziell signifikant, mit der Selbstwirksamkeit zum Lesen von Diagrammen zusammen ($\beta = .33$). Im Vergleich zum Kontrollmodell wurden durch die Hinzunahme der Überzeugung auf Klassenebene zusätzlich 10% der Varianz in der Selbstwirksamkeit der Lernenden aufgeklärt. Im Bereich der Diagrammkonstruktion fand sich zwar ebenfalls ein positiver ($\beta = .23$), jedoch nicht signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Konstrukten. Die wahrgenommene Schwierigkeit hatte weder im Bereich Lesen noch im Bereich Erstellen von Diagrammen einen signifikanten Effekt auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden.

Tabelle 15. Vorhersage der Schülerelbstwirksamkeit zum Lesen und Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht – Standardisierte Regressionskoeffizienten (β) aus der Mehrebenenanalyse

Modell	Lesen				Erstellen			
	1	2a	2b	3	1	2a	2b	3
Individualebene								
Geschlecht	-	-	-	-	-.21***	-	-.21***	-
Note Biologie	.25***	.26***	.25***	.26***	.11***	.12***	.11***	-.12***
Note Mathematik	.03	.03	.03	.03	.19***	.19***	.19***	.19***
Klassenebene								
Kursniveau	.14	.18	.14	-.10	.35*	.31*	.38*	.23
Jahrgangsstufe	.27	.25	.27	-.09	.44*	.46*	.42*	.36†
Lehrerüberzeugungen								
Explizites Üben		.33†		.24		.23		-
Schwierigkeit			-.03	-			.20	-
Unterrichtsgestaltung								
Explizites Üben				.81***				.67**
R²								
Individualebene	.10	.10	.09	.10	.11	.11	.11	.11
Klassenebene	.09	.19	.10	.69	.29	.34	.34	.66

R² = aufgeklärte Varianz; † $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; Kodierung Geschlecht: männlich = 1, weiblich = 2; die Biologie- und Mathematiknoten wurden so umkodiert, dass hohe Werte einer guten Leistung entsprechen; Kodierung Kursniveau: Grundkurs/ Kurs auf grundlegendem Niveau = 1, Leistungskurs/ Kurs auf erhöhtem Niveau = 2; - Variable nicht im Modell.

In einem weiteren Schritt wurde der Zusammenhang zwischen den Lehrerüberzeugungen und der Unterrichtsgestaltung untersucht (vgl. Tabelle 16). Ein signifikanter Effekt der Lehrerüberzeugungen auf die Unterrichtsgestaltung fand sich im Bereich des Lesens von Diagrammen: Die Schülerwahrnehmung, dass Lehrkräfte das Lesen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit üben, wurde durch die entsprechende

Lehrerüberzeugung zur Notwendigkeit des expliziten Übens vorhergesagt ($\beta = .23$). Schülerinnen und Schüler, die von Lehrkräften mit ausgeprägten Überzeugungen zur Notwendigkeit des expliziten Übens unterrichtet wurden, berichteten demnach häufiger davon, dass das Lesen von Diagrammen auch tatsächlich explizit im Unterricht geübt wird. Gegenüber dem Kontrollmodell erklärte die Aufnahme der Überzeugung dabei zusätzlich 4% der Varianz in der Unterrichtsgestaltung. Für alle weiteren Pfade fanden sich keine signifikanten Effekte.

Tabelle 16. Vorhersage der Unterrichtsgestaltung in Form des expliziten Übens – Standardisierte Regressionskoeffizienten (β) aus der Mehrebenenanalyse

	Lesen			Erstellen		
	1	2a	2b	1	2a	2b
Klassenebene						
Kursniveau	.32**	.34**	.32**	.24†	.22†	.22
Jahrgangsstufe	.40**	.37**	.40**	.22†	.24†	.24†
<i>Lehrerüberzeugungen</i>						
Explizites Üben		.23*			.12	
Schwierigkeit			-.08			-.17
R ²						
Klassenebene	.24	.28	.24	.10	.11	.11

R² = aufgeklärte Varianz; † $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; Kodierung Kursniveau: Grundkurs/ Kurs auf grundlegendem Niveau = 1, Leistungskurs/ Kurs auf erhöhtem Niveau = 2.

Nachdem in den vorangegangenen Analyseschritten die Zusammenhänge zwischen Lehrerüberzeugungen und Selbstwirksamkeit der Lernenden einerseits sowie zwischen Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsgestaltung andererseits untersucht wurden, wurde in einem letzten Schritt der Frage nachgegangen, ob die Unterrichtsgestaltung möglicherweise eine vermittelnde Rolle zwischen den erfassten Lehrer- und Schülervariablen einnimmt. Die Voraussetzungen einer Mediatoranalyse (vgl. Kapitel 9.3.3) waren dabei nur für den Bereich des Lesens von Diagrammen erfüllt: Dort ließ sich ein tendenziell signifikanter Effekt der Überzeugung zur Notwendigkeit des expliziten Übens auf (a) die Unterrichtsgestaltung in Form des expliziten Übens und (b) die Selbstwirksamkeitserwartung der Lernenden statistisch absichern (vgl. Tabelle 15 und 12). Für die Prüfung des Mediator-Effektes wurde für den Bereich des Lesens zusätzlich die Unterrichtsgestaltung als Prädiktor für die Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler aufgenommen und gleichzeitig durch die Lehrerüberzeugung zur Notwendigkeit des expliziten Übens vorhergesagt (*Mediationsmodell*, vgl. Modell 3).

Auf Klassenebene zeigte sich dabei ein signifikant positiver Effekt der Unterrichtsgestaltung auf die Selbstwirksamkeitserwartungen ($\beta = .81$, $p < .001$). Befragte Schülerinnen und Schüler aus Kursen, in denen das Lesen von Diagrammen explizit geübt wurde, schätzten ihre Fähigkeiten höher ein als Lernende ohne derartige Unterstützung durch ihre Lehrkraft. Gleichzeitig wurde der direkte Pfad von den Lehrerüberzeugungen zu den Selbstwirksamkeitserwartungen von .33 auf .24 reduziert und war

nicht länger signifikant. Die Ergebnisse weisen demzufolge darauf hin, dass der Einfluss der Lehrerüberzeugungen auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden, der im Black-Box-Modell nachgewiesen werden konnte, über die Unterrichtsgestaltung der Lehrkräfte vermittelt wird.

9.5 Zusammenfassung und Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde der Frage nachgegangen, inwieweit Überzeugungen von Lehrkräften im Bereich des Lesens und Erstellens von Diagrammen im Biologieunterricht im Zusammenhang mit ihrem Unterrichtshandeln und den Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler stehen. Hierzu wurden Fragebogendaten von 1226 Schülerinnen und Schülern aus 68 Biologiekursen sowie deren Biologielehrkräfte mehrebenenanalytisch ausgewertet.

Eine zuvor durchgeführte deskriptive Analyse der Daten legte nahe, dass die befragten Lehrkräfte ein Üben bezüglich des Umgangs mit Diagrammen im Fach Biologie als wichtig wahrnehmen. Dabei wurde das Üben des Lesens von Diagrammen tendenziell als wichtiger angesehen als das des Erstellens. Die wahrgenommene Schwierigkeit fiel in beiden Bereichen gering aus, d. h. Lehrkräfte berichteten seltener davon, dass der Umgang mit Diagrammen schwer zu vermitteln ist. Die tendenziell positiv geprägten Überzeugungsfacetten, die bereits für den Umgang mit Texten und integrierten bildlichen Repräsentationen nachgewiesen wurden (McElvany et al., 2010), konnten bei den befragten Lehrkräften für das Lesen und Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht bestätigt werden.

Bezogen auf die Unterrichtsgestaltung gaben die Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt an, dass das Lesen bzw. Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht eher nicht explizit geübt wird. Der Mittelwert im Bereich des Lesens lag dabei über dem des Erstellens. Dies deckt sich mit aktuellen Befunden im Bereich des Biologieunterrichts, die darauf hindeuten, dass repräsentationale Praktiken, insbesondere das Erstellen von graphisch-visuellen Repräsentationen, eher selten in die Unterrichtspraxis integriert werden (Nitz, 2012; Nitz et al., 2014). Die vorliegende Datenbasis gibt jedoch Hinweise auf eine relativ hohe Streuung bezüglich der Schülerwahrnehmungen. Eine vergleichsweise hohe ICC₁ von .25 für das Lesen und .16 für das Erstellen spricht dafür, dass die Varianz in den Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler zu einem erheblichen Anteil auf die Zugehörigkeit zu den jeweiligen Kursen zurückzuführen ist. Die Unterrichtspraktiken der befragten Lehrkräfte scheinen sich daher bezogen auf den Umgang mit Diagrammen stark zu unterscheiden.

Die Ergebnisse der Befragung weisen des Weiteren darauf hin, dass ein großer Anteil an Schülerinnen und Schülern eine tendenziell hohe Selbstwirksamkeitserwartung in

Bezug auf den Umgang mit Diagrammen besitzt. Vor dem Hintergrund, dass die domänenspezifischen Selbstwirksamkeitserwartungen als relevante Determinanten der Lernbereitschaft, Lerneffektivität und Leistung in der entsprechenden Domäne gelten (Bandura, 1997), deuten sich für die untersuchten Schülergruppen diesbezüglich gute Voraussetzungen für den Einsatz von Diagrammen im Biologieunterricht an. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass es sich um Selbsteinschätzungen der Lernenden handelt. Interessant wäre es, die Selbsteinschätzungen mit objektiven Kompetenzmessungen im Bereich des Lesens und Erstellens von Diagrammen in Verbindung zu bringen.

Um die Zusammenhänge zwischen den erfassten Lehrer-, Unterrichts- und Schülervariablen näher zu untersuchen, wurden Mehrebenen-Regressionsanalysen durchgeführt.

In einem ersten Schritt wurde der Einfluss der Kontrollvariablen untersucht. Dabei ließen sich verschiedene Effekte der auf Individual- und Klassenebene erhobenen Kontrollvariablen statistisch absichern. Auf der Individualebene fand sich sowohl für das Lesen als auch das Erstellen von Diagrammen ein Geschlechtereffekt hinsichtlich der Selbstwirksamkeit: Die befragten Jungen schätzten ihre Kompetenzen signifikant höher ein als die befragten Mädchen. Studien zu Selbstwirksamkeitserwartungen von Schülerinnen und Schülern im Bereich der Naturwissenschaften fanden keine bis minimale Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen (Britner & Pajares, 2001, Britner & Pajares, 2006; Louis & Mistele, 2012; Pajares, Britner, & Valiante, 2000). In einer aktuellen Studie mit 321 Schülerinnen und Schülern einer mit der vorliegenden Stichprobe vergleichbaren Altersstruktur (Spannweite 16-19 Jahre, *Mdn* = 17 Jahre) konnte Uitto (2014) für das Fach Biologie ebenso keinen Geschlechtereffekt feststellen. Bei der gleichen Stichprobe ließ sich jedoch ein Unterschied zwischen Jungen und Mädchen im Fach Mathematik nachweisen, wobei Jungen ihre mathematischen Fähigkeiten höher einschätzten als Mädchen. Dieser Effekt ist bereits aus früheren Studien bekannt (z. B. Louis & Mistele, 2012; Peters, 2013) und könnte - vor dem Hintergrund, dass es sich beim Lesen und Erstellen von Diagrammen um einen mathematiknahen Aspekt des Biologieunterrichts handelt - zur Erklärung des vorgefundenen Geschlechtereffektes beitragen. Ob für die vorliegende Stichprobe bezogen auf das Lesen und Erstellen von Diagrammen ein tatsächlicher Leistungsunterschied zwischen Mädchen und Jungen besteht, lässt sich im Rahmen dieser Untersuchung nicht feststellen. Vorangegangene Studien, die die spezifischen Fähigkeiten zum Lesen und Erstellen von Diagrammen bei Schülerinnen und Schülern untersuchten, fanden keine Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen (Curcio, 1987; Lachmayer, 2008).

Auf der Individualebene hingen zudem die erfassten Noten signifikant mit den Selbstwirksamkeitserwartungen zusammen: Schülerinnen und Schüler mit einer guten Biologienote schätzten ihre eigenen Fähigkeiten sowohl bezüglich des Lesens als auch des Erstellens von Diagrammen im Biologieunterricht tendenziell hoch ein. Die Mathematiknote erwies sich zudem als prädiktiv für die Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Erstellens von Diagrammen. Enge Zusammenhänge zwischen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen und Leistungen von Schülerinnen und Schülern konnten bereits mehrfach nachgewiesen werden (Britner, 2008; Lavonen & Laaksonen, 2009; Louis & Mistele, 2012), insbesondere, wenn Noten als Indikatoren für Leistungen herangezogen wurden (Jansen, Schroeders, & Lüdtkke, 2014). Da die Selbstwirksamkeitserwartungen jedoch spezifisch für den Bereich des Umgangs mit Diagrammen erfasst wurden, war ein signifikanter Zusammenhang mit den Fachnoten in Biologie und Mathematik nicht notwendigerweise anzunehmen. Es wäre daher an anderer Stelle zu überprüfen, wie die hier erhobene, auf den Umgang mit Diagrammen bezogene Selbstwirksamkeitserwartung mit der auf das Unterrichtsfach Biologie oder Mathematik bezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zusammenhängt.

Auf der Klassenebene fanden sich im Kontrollmodell positive Effekte der Jahrgangsstufe und des Kursniveaus auf die Selbstwirksamkeit, wobei diese nur im Bereich des Erstellens signifikant wurden. Schülerinnen und Schüler aus höheren Jahrgangsstufen und aus Leistungskursen schätzten ihre eigenen Fähigkeiten zum Erstellen von Diagrammen jeweils besser ein als Schülerinnen und Schüler niedrigerer Jahrgangsstufen und aus Grundkursen. Dies steht in Einklang mit Befunden, dass Schülerfähigkeiten im Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht mit der Jahrgangsstufe ansteigen (Padilla et al., 1986; Wang et al., 2012).

In einem zweiten Schritt wurde der Frage nach dem Einfluss der Lehrerüberzeugungen auf die Selbstwirksamkeit der Lernenden nachgegangen. Die Berechnung von Blackbox-Modellen lieferte Hinweise darauf, dass ein Teil der untersuchten Lehrerüberzeugungen bedeutsam für die Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler waren. So fand sich für die Lehrerüberzeugung, dass das Lesen und Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden muss, ein positiver Effekt auf die Selbstwirksamkeit der Schülerinnen und Schüler, wobei dieser nur beim Lesen von Diagrammen der Tendenz nach signifikant wurde. In der empirischen Unterrichtsforschung konnte bereits mehrfach nachgewiesen werden, dass sich Lehrerüberzeugungen bis auf Variablen der Schülerebene auswirken können (Dubberke et al., 2008; Kleickmann, 2008; Schroeder et al., 2011; Voss et al., 2011). In der vorliegenden Studie zeichnet sich dieser Effekt ebenfalls für den Bereich des Umgangs mit Diagrammen im Biologieunterricht ab.

In einem dritten Analyseschritt deutete sich ein Einfluss der Überzeugungen der Lehrkräfte zum Umgang mit Diagrammen auf ihr Unterrichtshandeln an, wobei der Effekt nur im Bereich des Lesens von Diagrammen signifikant war. Die Größe der Regressionsgewichte sowie die Anteile der aufgeklärten Varianz sind vergleichbar mit quantitativen Studien, die Zusammenhänge zwischen Lehrerüberzeugungen und der Unterrichtsgestaltung anhand größerer Stichproben untersucht haben und hierbei entsprechende Effekte nachweisen konnten (Dubberke et al., 2008; Schroeder et al., 2011; Seidel et al., 2008; Voss et al., 2011). Damit konnte die in der einschlägigen Forschungsliteratur intensiv diskutierte These der Bedeutsamkeit von Lehrerüberzeugungen für die Unterrichtsgestaltung (vgl. Kapitel 3.2.3) für den Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht mit gewissen Einschränkungen repliziert werden.

In Rahmen eines Mediationsmodells wurde schließlich die Annahme überprüft, ob der Einfluss der Lehrerüberzeugungen auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden über das Unterrichtshandeln vermittelt wird. Empirische Evidenz für ein derartiges Mediationsmodell lieferte u. a. die bereits erwähnte BiTe-Studie (Schnotz et al., 2010), in deren Rahmen gezeigt werden konnte, dass Überzeugungen im Bereich des Einsatzes von Text-Bild-Materialien signifikante Effekte auf Merkmale der Unterrichtsgestaltung (Klassenführung, Nützlichkeit der Lehrkrafteklärungen und Diskussionszeit) hatten, die sich wiederum signifikant auf Variablen der Schülerebene (Motivation beim Lernen mit Bildern und Texten) ausübten (Schroeder et al., 2011). Auch in der vorliegenden Untersuchung fanden sich Hinweise auf eine vermittelnde Rolle von Unterrichtsprozessen, allerdings nur für den Bereich des Lesens auch statistisch abgesichert: Schülerinnen und Schüler von Lehrkräften, die das Üben des Lesens von Diagrammen für notwendig hielten, berichteten häufiger davon, dass das Lesen im Biologieunterricht explizit thematisiert wird, und das explizite Thematisieren erwies sich wiederum als förderlich für die Selbstwirksamkeit der Schülerinnen und Schüler.

9.6 Grenzen der Untersuchung

Zur Beantwortung der Fragestellungen konnten in der vorliegenden Untersuchung Daten auf Lehrer-, Schüler- und Unterrichtsebene herangezogen und auf Zusammenhänge untersucht werden. Hierfür wurden Mehrebenenanalysen durchgeführt, in denen die hierarchische Struktur von Schülerdaten statistisch angemessen berücksichtigt wird. Im Folgenden soll auf Einschränkungen bezüglich der Interpretation und Generalisierbarkeit der entsprechenden Befunde eingegangen werden.

Eine zentrale Voraussetzung für die Durchführung von Mehrebenenanalysen ist eine angemessene Stichprobengröße, sowohl auf Individual- als auch auf Gruppenebene (Maas, Cora J. M. & Hox, 2005). Für die Berechnung vergleichbar komplexer, doppelt

latent geschätzter Modelle empfehlen Morin und Kollegen (2013) in Rückgriff auf Simulationsstudien von Lüdtke et al. (2008; 2011) eine Mindestzahl von $n = 50$ Clustern, ideal seien $n = 100$, mit jeweils mindestens 10–15 Individuen pro Cluster. Für die Analysen lagen Fragebogendaten von 1226 Schülerinnen und Schülern aus 68 Biologiekursen mit durchschnittlich 18 Lernenden sowie deren Biologielehrkräfte vor. Die Stichprobengröße ist damit als akzeptabel, jedoch nicht als ideal zu bezeichnen. Zwar waren die berechneten Mehrebenen-Modelle stabil und wiesen zufriedenstellende Gütwerte auf. Dennoch sollten Generalisierungen der Befunde nur äußerst vorsichtig vorgenommen werden und anhand größerer Stichproben abgesichert werden.

Ein Teil der Daten beruhte auf Selbsteinschätzungen von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern. Den Fragebögen wurde eine Instruktion beigelegt, in der die Befragten aufgefordert wurden, möglichst offen und ehrlich zu antworten. Die Schülerinnen und Schüler wurden zudem darauf hingewiesen, dass ihre Angaben nicht in ihre Benotung eingehen. Gleichwohl können Effekte der positiven Selbstdarstellung beim Beantworten der Items nicht ausgeschlossen werden (vgl. Kapitel 3.4).

Die Unterrichtsgestaltung in Form des expliziten Übens wurde in der vorliegenden Untersuchung über aggregierte Schülerurteile erfasst. Schülerurteile haben sich vielfach als ausreichend valide und reliable Datenquelle bei der Beschreibung von Unterricht erwiesen und kommen insbesondere in mehrebenenanalytischen Untersuchungen häufig zum Einsatz (Clausen, 2002; Gruehn, 2000; Jong & Westerhof, 2001; Kunter & Baumert, 2006; Lüdtke et al., 2006). Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung berechnete ICC_2 (vgl. Kapitel 9.4.1) spricht für eine befriedigende Reliabilität der aggregierten Schülerurteile (Lüdtke et al., 2006). Es muss jedoch beachtet werden, dass es sich dabei weder um ein objektives noch um ein differenziertes Abbild der häufig komplexen Lehr-Lernprozesse in Bezug auf den Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht handelt. Aus diesen Gründen wäre es aufschlussreich, in Anschlussstudien zusätzlich Beobachtungsdaten in Form von videografierten Unterrichtsstunden einzubeziehen.

Bezogen auf die Instrumente ist anzumerken, dass die eingesetzten Skalen gute bis sehr gute Reliabilitäten aufwiesen. Dennoch könnten die Reliabilitäten und die durch die Skalen erklärten Varianzen durch das Hinzufügen zusätzlicher Items erhöht werden. Für die zukünftige Forschung wird daher vorgeschlagen, die eingesetzten Skalen durch weitere Items zu ergänzen.

Die vorliegende Untersuchung ist querschnittlich angelegt, dementsprechend wurden die Lehrkräfte und Lernenden nur einmalig befragt. Dieses Untersuchungsdesign liegt vielen relevanten Studien zum Zusammenhang zwischen Lehrer-, Unterrichts- und Schülervariablen zugrunde (vgl. Kapitel 3.2.3). Zudem ist die im Rahmen der Un-

tersuchung angenommene Wirkungsrichtung zwischen Lehrerüberzeugungen, Unterrichtspraktiken und Zielvariablen auf Schülerebene vor dem Hintergrund bisheriger Befunde inhaltlich gut begründbar (vgl. Kapitel 3.2.3). Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass es im Falle von nicht-experimenteller Forschung streng genommen nicht legitim ist, eine bestimmte Wirkrichtung der Zusammenhänge anzunehmen (Bortz & Döring, 2006). Die regressionsanalytischen Befunde der Untersuchung können dementsprechend nur vorsichtig kausal interpretiert werden. Ebenso ist zu beachten, dass zusätzliche, nicht erhobene Drittvariablen für die aufgedeckten Zusammenhänge bedeutsam sein könnten. Fauth und Kollegen (2014) beispielsweise empfehlen, bei der Erfassung von Unterrichtsqualitätsmerkmalen die Beliebtheit der Lehrkraft zu kontrollieren. Dies war aus testökonomischer Sicht in der vorliegenden Untersuchung nicht möglich, wäre jedoch für Anschlussstudien abzuwägen.

Kapitel 10

Diskussion und Ausblick

Im Folgenden werden zentrale Befunde der vorliegenden Arbeit zusammenfassend dargestellt, eingeordnet und diskutiert. Vor diesem Hintergrund werden Implikationen für zukünftige Forschung und die pädagogische Praxis abgeleitet.

10.1 Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden Überzeugungen von Lehrkräften zum Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht untersucht. Hierzu wurden zwei Studien durchgeführt.

Im Rahmen einer Interviewstudie (Kapitel 5) wurden Überzeugungen von Lehrkräften qualitativ-explorativ mit Hilfe von halbstandardisierten Interviews erhoben. Ziel der Interviewstudie war es, die individuellen Sichtweisen zur Bedeutung von und zum Umgang mit Fachsprache im Biologieunterricht offen und in der Sprache der Zielgruppe zu erfragen. Es zeigte sich, dass die 15 befragten Biologielehrkräfte mit dem Konzept der Fachsprache verbalsprachliche Aspekte, und zwar primär die Lexik, verbanden (vgl. Kapitel 5.5.1 und ergänzend A.2). Entsprechend betrachteten sie einen sachgerechten Umgang mit biologischen Fachbegriffen als zentrale fachsprachliche Kompetenz auf Seiten von Schülerinnen und Schülern. Diese Äußerungen lassen sich vor dem Hintergrund fachdidaktischer Positionen, die die Arbeit mit Fachbegriffen als wichtigen Aspekt der Kommunikation im naturwissenschaftlichen Unterricht hervorheben (Berck & Graf, 1992; Graf, 1989; Rincke, 2010a, 2011; Snow, 2010; Vollmer, 1980)

und den angemessenen Einsatz von Fachbegriffen als Teil fachspezifischer Unterrichtsqualität im Fach Biologie ansehen (Neuhaus, 2007; Wüsten, 2010), als positiv bewerten.

In aktuellen fachdidaktischen Theorie- und Forschungsarbeiten wird jedoch Abstand davon genommen, Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht ausschließlich über verbalsprachliche Aspekte zu definieren (vgl. Kapitel 2). Pineker-Fischer (2017) etwa bezeichnet die Vorstellung von Fachsprache als „Summe aller Fachwörter eines Faches“ als „eines der häufigsten Missverständnisse“ (S. 65) bezogen auf das Lernen mit Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ähnlich sieht Nitz (2016) „ein Verständnis der naturwissenschaftlichen Fachsprache nur als naturwissenschaftliche Termini bzw. Morphosyntax und Textstrukturen“ (S. 49) als unzureichend an und hebt die Rolle nonverbaler Repräsentationen für naturwissenschaftliche Forschungs- und Kommunikationspraktiken hervor. Vor diesem Hintergrund ließe sich argumentieren, dass die Auffassungen der befragten Lehrkräfte von Fachsprache zu kurz greifen. Hier gilt es jedoch zu differenzieren: Zwar definierten die Lehrkräfte Fachsprache spontan über die Verbalsprache (vor allem Fachbegriffe). Es gibt allerdings keine Hinweise darauf, dass die Befragten nonverbale Repräsentationen im Kontext der Fachkommunikation im Biologieunterricht für unbedeutend halten. Vielmehr deuten die Antworten der Befragten darauf hin, dass nonverbale Repräsentationen nicht oder nur schwach mit dem Konzept der Fachsprache assoziiert sind.

Zu diesen nonverbalen Repräsentationen gehören unter anderem Diagramme, auf die in der durchgeführten Fragebogenstudie fokussiert wurde (Kapitel 6-9). Ziel war es, Lehrerüberzeugungen zum Umgang mit Diagrammen sowohl hinsichtlich ihrer Ausprägungen als auch ihrer Zusammenhänge mit verschiedenen personen- und berufsbezogenen Merkmalen sowie mit Variablen auf Unterrichts- und Schülerebene zu untersuchen.¹¹ Unter Berücksichtigung relevanter Forschungsliteratur wurden zunächst geeignete Skalen zur Erfassung der Überzeugungen zum Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht angepasst bzw. entwickelt (vgl. McElvany et al., 2010; Schroeder et al., 2011). Hierbei wurde zwischen den beiden Aspekten *Lesen* und *Erstellen* von Diagrammen unterschieden (vgl. Kapitel 2.3.2). Um die korrespondierenden Skalen vergleichbar zu halten, wurden die Items parallel formuliert. Mit der Skala *Vermittlung von Strategien* wurde die Überzeugung erhoben, dass für den erfolgreichen Umgang mit Diagrammen Strategien an die Lernenden vermittelt werden sollten. Die Skala *Explizites Üben* erfasste die Überzeugung, dass der Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden sollte. Die Skala *Schwierigkeit* erfasste, ob die

¹¹ Mit Achsendiagramme wurden Diagramme untersucht, die in den Naturwissenschaften besonders häufig zum Einsatz kommen (vgl. Kapitel 2.3.2).

Lehrkräfte den konkreten Einsatz von Diagrammen im Biologieunterricht als kompliziert und verunsichernd ansehen. Im Bereich des Lesens von Diagrammen wurde – basierend auf Äußerungen der Lehrkräfte in der Interviewstudie – eine weitere Überzeugungsskala zur *Vermittlung einer kritischen Lesehaltung* gegenüber Diagrammen entwickelt. Die Instrumente wurden an zwei unabhängigen Stichproben getestet und wiesen zufriedenstellende Reliabilitäten auf.

Bei den 71 befragten Lehrkräften zeigte sich, dass das explizite Üben des Lesens von Diagrammen, die Vermittlung von Strategien zum Lesen von Diagrammen und die Vermittlung einer kritischen Lesehaltung im Durchschnitt als wichtige Aspekte des Biologieunterrichts wahrgenommen wurden (vgl. Kapitel 7.5). Vergleichsweise wenige Befragte sahen es als kompliziert oder verunsichernd an, Diagramme in ihrem Unterricht lesen zu lassen (vgl. Kapitel 7.5). Ein ähnlich positives Bild zeigte sich bezüglich der untersuchten Überzeugungen im Bereich des Erstellens von Diagrammen (vgl. Kapitel 8.6). Die positiv geprägten Überzeugungsfacetten von Lehrkräften, die bereits für den Umgang mit Texten und integrierten bildlichen Repräsentationen nachgewiesen wurden (McElvany et al., 2010; Schroeder et al., 2011), fanden sich damit auch im Bereich des Lesens und Erstellens von Diagrammen im Biologieunterricht.

Weitere Analysen gaben Hinweise auf Zusammenhänge zwischen den erfassten Überzeugungen und verschiedenen personen- und berufsbezogenen Variablen. Die Berufserfahrung korrelierte negativ mit der Ausprägung mehrerer Überzeugungsfacetten im Bereich des Lesens von Diagrammen, genauer der Vermittlung von Strategien, der Vermittlung einer kritischen Lesehaltung und der Notwendigkeit des expliziten Übens. Die Berufserfahrung gilt als Einflussfaktor bei der Entwicklung professioneller Kompetenzen von Lehrkräften, einschließlich unterrichtsbezogener Überzeugungen (Richardson, 1996; Levin & Ye He, 2008; vgl. Kapitel 3.2.2). Bezogen auf den Umgang mit Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht konnten Nitz et al. (2011) bereits beim verwandten Konstrukt der Einstellungen Unterschiede zwischen Studierenden und Referendaren nachweisen. Zuverlässige Aussagen darüber, ob und inwiefern sich die untersuchten Überzeugungen mit zunehmender Berufserfahrung ändern und auf welche Faktoren sich diese Änderungen zurückführen lassen, ließen sich jedoch nur im Rahmen von Längsschnittstudien treffen. Eine denkbare Erklärung für eine Korrelation mit der Berufserfahrung wäre, dass im Zuge der allgemeinen Kompetenzorientierung im Schulkontext sowie der Implementierung von Konzepten zur durchgängigen Sprachbildung unterrichtliche Aspekte der Fachsprache in der Ausbildung angehender Lehrkräfte mittlerweile intensiver behandelt werden. In diesem Fall wären jüngere (und damit unerfahrenere) Lehrkräfte eventuell stärker für diese Unterrichtsaspekte sensibilisiert. Angaben zu Ausbildungsinhalten wurden in den quantitativen Untersuchungen jedoch nicht erfasst.

Bezüglich des Geschlechts zeigte sich, dass weibliche Befragte die praktische Umsetzung des Lesens von Diagrammen im Unterricht häufiger als kompliziert ansahen. Gleichzeitig betonten sie stärker, dass Schülerinnen und Schülern Strategien für das Lesen von Diagrammen vermittelt werden sollten. Dieser Unterschied fand sich auch im Bereich des Erstellens von Diagrammen. Zwar gilt das Geschlecht als ein Faktor, der Überzeugungsausprägungen beeinflussen kann, die Befunde sind jedoch heterogen und domänenabhängig (vgl. Kapitel 3.2.2). Um valide Aussagen treffen zu können, müssten die Zusammenhänge in Anschlussstudien repliziert und weiter aufgeklärt werden.

Auch bezüglich der Fächerkombination deuteten sich Unterschiede in den Überzeugungsausprägungen der Lehrkräfte an (vgl. Kapitel 7.5 und 8.6). Befragte mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach sahen das Lesen und Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht seltener als kompliziert und verunsichernd an und hielten das explizite Üben der beiden Praktiken tendenziell für wichtiger als ihre Kollegen ohne mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach. Sie zeigten sich außerdem motivierter im Bereich des Einsatzes von Diagrammen. Dem fachlichen Hintergrund einer Lehrkraft wird eine wichtige Rolle bei der Aneignung professioneller Kompetenzen zugesprochen (Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1992; vgl. Kapitel 3.2.2). Effekte der studierten Fächer auf Überzeugungsausprägungen von Lehrkräften wurden wiederholt empirisch nachgewiesen (vgl. Kapitel 3.2.2), auch domänenspezifisch für den Umgang mit instruktionalen Texten und Bildern im Unterricht (McElvany et al., 2012). Die Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit liefern Hinweise darauf, dass der Fächerhintergrund einer Lehrkraft die Ausprägung von Überzeugungen zum Umgang mit Formen der Fachsprache beeinflussen könnte. Ebenso verhält es sich mit eigenen Erfahrungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung, die Lehrkräfte außerhalb des Studiums gesammelt haben. Das Vorhandensein entsprechender Forschungserfahrung stand in einem signifikant positiven Zusammenhang mit mehreren Überzeugungsfacetten sowie der Motivation (vgl. Kapitel 7 und 8).

Im Bereich des Erstellens von Diagrammen wurde neben den Überzeugungen zusätzlich die intrinsische Motivation der Lehrkräfte zum Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht erhoben und auf Zusammenhänge mit den erfassten Überzeugungen untersucht (vgl. Kapitel 8.5.1). Dabei ging die Überzeugung, dass das Erstellen von Diagrammen explizit im Biologieunterricht geübt werden sollte, mit einer höheren intrinsischen Motivation in Bezug auf das Erstellen von Diagrammen einher. Gleichzeitig waren Lehrkräfte, die den Einsatz von Diagrammen im Biologieunterricht als kompliziert ansahen, tendenziell weniger intrinsisch motiviert. Diese Befunde decken sich mit Zusammenhängen, die zwischen den Überzeugungen und der intrinsischen Motivation von Lehrkräften im Bereich des Einsatzes von Text-Bild-Materialien im Unterricht gefunden wurden (McElvany et al., 2010; McElvany et al., 2012).

Insgesamt sahen die befragten Lehrkräfte den sachgerechten Umgang mit Diagrammen als Bestandteil des Lernens im Fach Biologie an und hielten die explizite Förderung entsprechender Fähigkeiten im Biologieunterricht für relevant. Vor dem Hintergrund der intensiv diskutierten These der Bedeutsamkeit von Lehrerüberzeugungen für die Unterrichtsgestaltung (vgl. Kapitel 3.2.3) stellte sich im Weiteren die Frage, inwiefern sich die geäußerten Überzeugungen zum Umgang mit Diagrammen tatsächlich im Unterrichtsgeschehen manifestieren und hierüber möglicherweise Variablen auf Seiten der Lernenden beeinflussen.

Die Auswertung von Selbstberichten zur Häufigkeit bestimmter Unterrichtspraktiken im Bereich des Erstellens von Diagrammen (vgl. Kapitel 8) zeigte, dass bestimmte, in der fachdidaktischen Literatur empfohlene Unterrichtspraktiken, wie das Diskutieren über selbst erstellte Diagramme in Kleingruppen oder das computergestützte Erstellen von Diagrammen mithilfe von Statistiksoftware, von einem Teil der Lehrkräfte nach eigenen Angaben nie eingesetzt werden. In Korrelationsanalysen zeigten sich mehrere signifikante Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit bestimmter Unterrichtspraktiken und den geäußerten Überzeugungen und der Motivation. Beispielsweise gaben Lehrkräfte, die das Erstellen von Diagrammen im Unterricht als unkompliziert ansehen und Freude daran haben, häufiger an, ihre Lerngruppen in Kleingruppen über selbst erstellte Diagramme diskutieren zu lassen, gegenseitiges Feedback zu eigenen Diagrammen geben zu lassen und beim Erstellen von Diagrammen den Computer einzusetzen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass Selbstberichte dieser Art nur bedingt aussagekräftig hinsichtlich der tatsächlichen Unterrichtsgestaltung sind (vgl. Kapitel 10.2).

In einem weiteren Analyseschritt wurde der Zusammenhang zwischen Lehrerüberzeugungen, Unterrichtsgestaltung und Zielvariablen auf Seiten der Lernenden genauer in den Blick genommen (Kapitel 9). Hierbei wurde den Fragen nachgegangen, inwiefern sich das explizite Üben des Lesens bzw. Erstellens von Diagrammen im Biologieunterricht durch ausgewählte Überzeugungsfacetten (Explizites Üben, Schwierigkeit) auf Seiten der Lehrkraft erklären lässt und ob sich Einflüsse auf die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden im Bereich des Umgangs mit Diagrammen zeigen. Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden Fragebogendaten von 1226 Schülerinnen und Schülern aus 68 Biologiekursen und deren Lehrkräften mehrbenenanalytisch ausgewertet.

Bei den Schülereinschätzungen zur Häufigkeit und Qualität des Einsatzes von Diagrammen im Biologieunterricht zeigten sich zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Klassen (vgl. Kapitel 9.4.1 und A.1.2). Dies stimmt überein mit Ergebnissen von Nitz et al. (2014) im Bereich des Einsatzes von bildlichen Repräsentationen im Biologieunterricht und unterstreicht die Relevanz des Umgangs mit fachsprachlichen

Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht als Gegenstand mehrbenenanalytischer Untersuchungen. Im Rahmen von Mehrebenenregressionen zeigten sich Zusammenhänge zwischen Lehrer-, Unterrichts- und Schülerebene (vgl. Kapitel 9.4.2): Die Lehrerüberzeugung, dass der Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht explizit geübt werden muss, stand in einem positiven Zusammenhang mit der durch die Schülerinnen und Schüler eingeschätzten Unterrichtsgestaltung in Form des expliziten Übens sowie mit den Selbstwirksamkeitserwartungen der Schülerinnen und Schüler. Das explizite Üben im Unterricht erwies sich im Bereich des Lesens von Diagrammen als Mediator zwischen den untersuchten Lehrerüberzeugungen und der Selbstwirksamkeit der Schülerinnen und Schüler. Ähnliche Zusammenhänge fanden Schroeder et al. (2011) bei der mehrbenenanalytischen Untersuchung des Einsatzes von Text-Bild-Materialien im Unterricht. Auch dort wirkten sich die untersuchten Lehrerüberzeugungen vermittelt über Aspekte der Unterrichtsgestaltung auf Schülervariablen (untersucht wurde die Motivation) aus.

10.2 Methodische Limitationen

Die vorliegende Arbeit konnte auf Basis qualitativer und quantitativer Daten einen Beitrag zur Untersuchung von Lehrerüberzeugungen zum Umgang mit Fachsprache bzw. fachsprachlichen Repräsentationen im Biologieunterricht und ihren Zusammenhängen mit Variablen auf Lehrer-, Unterrichts- und Schülerebene leisten. Bezüglich der Generalisierbarkeit und Interpretation der Ergebnisse ist dabei auf Grenzen hinzuweisen, aus denen sich Implikationen und Ansatzpunkte für zukünftige Forschung ergeben.

Die Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit sind querschnittlich angelegt. Streng genommen erlauben derartige Untersuchungsdesigns keine Aussagen über Wirkrichtungen von Zusammenhängen (Bortz & Döring, 2006). Die im Rahmen der quantitativen Analysen angenommenen Wirkrichtungen sind vor dem Hintergrund bisheriger Befunde inhaltlich gut begründbar (vgl. Kapitel 3.2.3), können jedoch nur unter Vorbehalt kausal interpretiert werden. Die Durchführung längsschnittlich bzw. experimentell angelegter Studien zur Überprüfung der Befunde erscheint daher als eine sinnvolle und wichtige Weiterführung der vorliegenden Arbeit. Zudem ist bei der Betrachtung ausgewählter Aspekte des komplexen Unterrichtsgeschehens anzunehmen, dass zusätzliche, nicht erhobene Drittvariablen für die untersuchten Zusammenhänge bedeutsam sind. Aus der Überzeugungsliteratur sind verschiedene Faktoren bekannt, die dazu beitragen, dass Lehrkräfte nicht oder nur eingeschränkt gemäß ihren geäußerten Überzeugungen handeln, wie beispielsweise Kompetenzen der Lehrkraft oder Erwartungen und Vorgaben aus dem beruflichen Umfeld (vgl. Kapitel 3.2.3). In Folgestudien sollten diese Faktoren näher untersucht und berücksichtigt werden.

Grundlegend für die Aussagekraft einer Studie ist eine angemessene Stichprobe (vgl. Döring & Bortz, 2016, 291ff.). Während bei qualitativen Untersuchungen in der Regel wenige Vertreter der jeweiligen Zielgruppe ausgewählt werden, werden bei quantitativen Untersuchungen möglichst große und repräsentative Zufallsstichproben angestrebt. Im Rahmen der Interviewstudie wurden 15 Biologielehrkräfte befragt, was – wenn auch abhängig von der jeweiligen Fragestellung – in einem für qualitative Forschung üblichen Bereich liegt (vgl. Döring & Bortz, 2016, 291ff.). Bei der durchgeführten Fragebogenstudie beruhen die Analysen auf Lehrerebene auf einer Stichprobe von 71 Lehrkräften. Für quantitative Folgeuntersuchungen wären größere Stichproben von Lehrkräften wünschenswert und notwendig, um die Befunde abzusichern. Dabei sollte für die Gruppenvergleiche auf eine ausgewogene Verteilung auf die jeweiligen Variablenausprägungen geachtet werden.

Für die qualitativen und quantitativen Untersuchungen gleichermaßen zu berücksichtigen ist, dass die Lehrkräfte sich freiwillig zur Studienteilnahme gemeldet haben. Freiwillige Untersuchungsteilnehmer können sich in Hinblick auf motivationale und weitere personenbezogene Merkmale von Nicht-Untersuchungsteilnehmern unterscheiden (Döring & Bortz, 2016). Zwar bewegen sich die deskriptiven Werte der in der Fragebogenstudie eingesetzten Überzeugungsskalen in einem ähnlichen Bereich wie die auf einer randomisierten Stichprobe beruhenden Skalenwerte des BiTe-Projekts (vgl. McElvany et al., 2010, S. 109; Schroeder et al., 2011, S. 4). Da die Skalen jedoch für die vorliegende Untersuchung angepasst worden sind, kann dies nur als grober Anhaltspunkt dienen. Aus messtheoretischer Sicht wäre für quantitative Anschlussuntersuchungen in jedem Fall eine randomisierte Stichprobe anzustreben.

Für die Mehrebenenanalysen konnten Fragebogendaten von 1226 Schülerinnen und Schülern aus 68 Biologiekursen mit durchschnittlich 18 Lernenden sowie deren Biologielehrkräfte einbezogen werden. Nach gängigen Empfehlungen aus der Mehrebenenliteratur (vgl. Kapitel 9.6) sind Stichproben- und Clustergröße damit als akzeptabel zu betrachten. Auch wenn die berechneten Mehrebenen-Modelle stabil waren und zufriedenstellende Fitwerte aufwiesen, sollten Generalisierungen der Mehrebenenbefunde jedoch vorsichtig vorgenommen werden und anhand größerer Stichproben abgesichert werden.

Bei der Erhebung psychologischer Variablen lassen sich objektive Messungen von Selbstauskünften abgrenzen. Bei der empirischen Untersuchung von Lehrerüberzeugungen wird üblicherweise, und so auch in dieser Arbeit, auf Selbstauskünfte zurückgegriffen (vgl. Kapitel 3.4). Eine generelle Schwierigkeit dieser Art der Datenerhebung, sei es in qualitativer oder quantitativer Form, ist eine Testverfälschung aufgrund von Selbstdarstellungseffekten, zu denen unter anderem die soziale Erwünschtheit ge-

hört (für einen Überblick siehe Döring & Bortz, 2016, 436f.). Um diesen Effekten entgegenzuwirken, wurden die Lehrkräfte mündlich bzw. schriftlich instruiert, ehrlich und gemäß ihren eigenen Überzeugungen zu antworten. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Befragung keine richtigen und falschen Antworten gibt und die Daten nicht auf einzelne Personen zurückgeführt werden. Zwar wurden damit Maßnahmen ergriffen, die einer übermäßig positiven Selbstdarstellung entgegenwirken können (Mummendey, 1995), dennoch kann ein verzerrtes Antwortverhalten bei den Befragten nicht ausgeschlossen werden.

Für die quantitative Untersuchung der Überzeugungen wurden bereits vorhandene, getestete Kurzskalen eingesetzt und für die vorliegenden Fragestellungen angepasst. Faktorenanalytische Untersuchungen wiesen darauf hin, dass sich die entsprechenden Skalen jeweils für die Bereiche Lesen und Erstellen von Diagrammen mit zufriedenstellenden Reliabilitäten replizieren lassen (vgl. Kapitel 7 und 8). Ebenso sprechen faktorenanalytische Untersuchungen für eine empirische Trennbarkeit der beiden Bereiche des Lesens und Erstellens von Diagrammen. Die Teilmodelle, in denen das Lesen und Erstellen als getrennte Faktoren eingingen, wiesen bessere Fit-Werte auf als jene mit einem gemeinsamen Faktor (vgl. A.1.2).

Um einen Einblick in die wahrgenommene Unterrichtsgestaltung zu erhalten, schätzten die Lehrkräfte im Bereich des Erstellens von Diagrammen ein, wie häufig sie bestimmte Unterrichtspraktiken einsetzen (vgl. Kapitel 8). Neben den bereits erwähnten methodischen Implikationen von Selbstauskünften kommt einschränkend hinzu, dass aus testökonomischen Gründen Einzelitems verwendet wurden. Im Vergleich zu Einzelitems sind psychometrische Skalen zwar zeitaufwändiger für die Befragten und können durch redundant wirkende Fragen Ablehnung hervorrufen, sie liefern jedoch reliablere und validere Daten, da sie das jeweilige Konstrukt in verschiedenen inhaltlichen Facetten und Nuancen erfassen und Messfehler aufgrund von falsch verstandenen Items reduzieren (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 268). Zwar wurde auch in anderen, ähnlich angelegten Studien zum Einsatz von bildlichen Repräsentationen auf Einzelitems zurückgegriffen (z. B. Coleman, McTigue, & Smolkin, 2011), in Anschlussstudien wäre ein Einsatz von Skalen jedoch vorzuziehen.

In Kapitel 9 wurde mit der Befragung von Schülerinnen und Schülern mithilfe von Ratingskalen ein – vor allem in der deutschsprachigen quantitativ ausgerichteten Unterrichtsforschung – geläufiger und anerkannter Ansatz zur Untersuchung der Unterrichtsgestaltung bzw. –qualität gewählt. Für diese Art der Erfassung spricht neben zeit- und aufwandsökonomischen Aspekten auch die Tatsache, dass auf Klassenebene aggregierte Schülerurteile als reliable und valide generalisierende Beschreibungen des Unterrichts gelten (Clausen, 2002; Gruehn, 2000; Jong & Westerhof, 2001; Kunter & Baumert, 2006; Lüdtke et al., 2006). Wenn auch aggregiert, basieren Schülerurteile

auf subjektiven Wahrnehmungen und sind kein objektives Abbild des Unterrichtsangebots (Clausen, 2002). Daher wäre es aufschlussreich, für Untersuchungen der Unterrichtsgestaltung zusätzlich auf Beobachtungsdaten in Form von videografierten Unterrichtsstunden zurückgreifen zu können und diese mit Schülerurteilen abzugleichen.

10.3 Ansatzpunkte für zukünftige Forschung

Unter Berücksichtigung der genannten methodischen Limitationen ist die vorliegende Dissertation ein erster Beitrag zur Untersuchung von Überzeugungen von Biologielehrkräften in Bezug auf den Umgang mit Fachsprache und Diagrammen als fachsprachlichen Repräsentationen sowie zur Identifizierung möglicher Faktoren, die deren Ausprägung beeinflussen. Aus den inhaltlichen Grenzen der Untersuchungen ergeben sich Fragestellungen für zukünftige Forschung in diesem Bereich.

In der Interview- und Fragebogenstudie wurden ausschließlich Gymnasiallehrkräfte, in der Fragebogenstudie zusätzlich Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 10-13 an Gymnasien aus vier verschiedenen Bundesländern befragt. Die untersuchten Konstrukte bezogen sich dabei explizit auf das Fach Biologie. Darüber, ob sich ähnliche Befunde bei anderen Schulformen, Jahrgangsstufen und Unterrichtsfächern finden, lässt sich anhand der erhobenen Daten keine Aussage treffen. An diesen Fragestellungen könnten wiederum Anschlussstudien ansetzen.

Auf Ebene der Lernenden wurde mit der Selbstwirksamkeit eine wichtige Zielvariable des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Bereich des Umgangs mit Diagrammen untersucht. Dabei handelt es sich um selbst eingeschätzte Kompetenzen. In Folgestudien sollten weitere Zielvariablen berücksichtigt werden, insbesondere objektive leistungsbezogene Kriterien wie die Diagrammkompetenz der Schülerinnen und Schüler. Hierbei könnte auf Vorarbeiten im Bereich der Diagrammkompetenz zurückgegriffen werden (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007). Auch bezogen auf die Unterrichtsgestaltung wurde nur ein Teilaspekt des Umgangs mit Diagrammen, nämlich das explizite Üben des Lesen und Erstellens, berücksichtigt. In künftigen Untersuchungen sollten weitere Aspekte der Unterrichtsgestaltung in den Blick genommen werden. Hierzu würde sich beispielsweise das authentisch-naturwissenschaftliche Arbeiten mit Diagrammen anbieten, das in der fachdidaktischen Literatur als Qualitätskriterium in Bezug auf den Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen wird (vgl. Kapitel 2.3.2.2).

Auf Ebene der Lehrkräfte ist anzumerken, dass mit den Überzeugungen ebenfalls nur auf eine Facette der professionellen Kompetenz von Lehrkräften fokussiert wurde. Gerade in Hinblick auf die zum Teil erheblichen Unterschiede im unterrichtlichen Einsatz von Diagrammen (vgl. Kapitel 9.4.1 und A.1.2) und dem Anteil nicht aufgeklärter

Varianz (vgl. Kapitel 9.4.2) erscheint es lohnend, weitere Aspekte der professionellen Kompetenz von Lehrkräften im Bereich des Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen zu erfassen und auf ihren Erklärungswert für die Unterrichtspraxis hin zu untersuchen. Entsprechende Ansätze für den Bereich der Diagramme finden sich etwa bei von Kotzebue et al. (2014; 2012), die das diagrammspezifische Fachwissen und fachdidaktische Wissen von Lehrkräften als wesentliche Bedingungsfaktoren für den erfolgreichen Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht beschreiben. Langfristig sollten Befunde zu den verschiedenen Aspekten professioneller Lehrerkompetenz im Bereich des Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen zusammengeführt werden, um adressatengerechte, effektive Aus- und Fortbildungskonzepte zu entwerfen, die Lehrkräfte beim lernförderlichen Einsatz von Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht unterstützen.

Neben den zuvor diskutierten individuellen Merkmalen der Lehrkraft spielt auch der soziale und institutionelle Kontext eine Rolle beim unterrichtlichen Handeln gemäß eigener Überzeugungen (vgl. Kapitel 3.2.3). Es lässt sich vermuten, dass dies auch für den Bereich des Umgangs mit Diagrammen im Biologieunterricht zutrifft. Erste Hinweise darauf, welche Aspekte hier bedeutsam sein könnten, liefern zwei ergänzende Fragen im eingesetzten Fragebogen (für Details vgl. A.2). In der ersten Frage wurden die Lehrkräfte gebeten, Schwierigkeiten oder Hindernisse zu nennen, die einen lernförderlichen Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht erschweren. Hierbei wurde fehlende Zeit in Anbetracht von Stofffülle und Klausuredruck im Biologieunterricht am häufigsten genannt. Auch ein Mangel an aktuellen und inhaltlich passenden Diagrammen, die im Unterricht eingesetzt werden können, wurde angeführt. In diesem Sinne argumentiert auch Eilam (2014), die den Zugang zu qualitativ hochwertigen Darstellungen auf Seiten der Lehrkräfte als bedeutsamen Faktor beim unterrichtlichen Einsatz von fachsprachlichen Repräsentationen zur Diskussion stellt. Es erscheint lohnend, diese und potentielle weitere Schwierigkeiten und Hindernisse weiter aufzuklären. Dabei könnte die Erhebung von Wahrnehmungen im Bereich der Verhaltenskontrolle eine sinnvolle Ergänzung auf Ebene der Lehrkräfte darstellen (vgl. Theorie des geplanten Verhaltens, Kapitel 3.2.3).

Die zweite ergänzende Frage zielte auf das Vorhandensein von Maßnahmen oder Absprachen zur Förderung von Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen an den Schulen. Hier zeigte sich, dass zum Zeitpunkt der Befragung an der Hälfte der Schulen ein Methodencurriculum, an einem Viertel Methodentage vorhanden waren. Fachschaftsinterne Absprachen mit Kolleginnen und Kollegen außerhalb dieser beiden Maßnahmen werden von jeder dritten Lehrkraft, fachschaftsübergreifende von jeder fünften berichtet. Aus Forschungssicht wäre interessant, inwiefern diese und weitere

Rahmenbedingungen eine Rolle für den Einsatz von und Umgang mit fachsprachlichen Repräsentationen im Unterricht einer Lehrkraft spielen, insbesondere im Abgleich mit geäußerten Überzeugungen in diesem Bereich.

10.4 Implikationen für die pädagogische Praxis

Basierend auf den Befunden der vorliegenden Arbeit lassen sich – vorausgesetzt, dass diese in Folgestudien repliziert werden können – Hinweise für die pädagogische Praxis, einschließlich der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften, ableiten.

In der Interviewstudie deutete sich an, dass die befragten Lehrkräfte mit dem Konzept der Fachsprache primär verbalsprachliche Aspekte, wie das biologische Fachvokabular, verbanden (vgl. Kapitel 5 und ergänzend A.2). Unter fachsprachlichen Kompetenzen wurde vornehmlich der angemessene Umgang mit biologischen Fachbegriffen verstanden. Wie bereits weiter oben ausgeführt wird Fachsprache in aktuellen fachdidaktischen Theorie- und Forschungsarbeiten (Nitz, 2016; Nitz et al., 2014; Prechtel, 2014) sowie in Konzeptionen von Scientific Literacy (Tang & Moje, 2010; Yore et al., 2007; vgl. Kapitel 2.2.1) als umfassendes Konzept verstanden, das verbale und nonverbale Repräsentationen umfasst, die der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation in den Naturwissenschaften dienen. Voraussetzungen für einen angemessenen Umgang mit Fachsprache sind damit multiple fachsprachliche Kompetenzen auf Seiten der Lernenden, einschließlich der Interpretation und Konstruktion fachsprachlicher Repräsentationen wie Abbildungen, Skizzen, Diagramme, Tabellen, Gleichungen und Formeln (vgl. Kapitel 2). Vor diesem Hintergrund erscheint es empfehlenswert, entsprechende Konzeptionen von Fachsprache und fachsprachlichen Kompetenzen explizit und systematisch in der Lehrerbildung der naturwissenschaftlichen Fächer zu thematisieren, beispielsweise in Form von sprachorientierten Ausbildungsmodulen und -elementen, die in das jeweilige Ausbildungscurriculum eingebunden werden. Ansätze und Materialien finden sich bereits vielfach in der Praxisliteratur, beispielsweise unter dem Schlagwort *sprachsensibler Fachunterricht* (vgl. z. B. Leisen, 2015). Wünschenswert wären hier jedoch ein systematischerer Bezug zu theoretischen Modellen und empirischen Ergebnissen der Forschung zu fachsprachlichen Repräsentationen sowie eine intensivere Begleitforschung zur Wirksamkeit vorhandener Ansätze und Methoden.

In der Fragebogenstudie zeigte sich, dass die befragten Lehrkräfte den sachgerechten Umgang mit Diagrammen im Durchschnitt als relevanten Bestandteil des Lernens im Fach Biologie betrachten und die Förderung entsprechender Fähigkeiten im Biologieunterricht als bedeutsam ansehen. In diesem Bereich zeigen sich demnach gute Voraussetzungen für einen lernförderlichen Einsatz von Diagrammen bei den Befragten. Generell können entsprechende Überzeugungen jedoch nur in der Unterrichtspraxis

umgesetzt werden, wenn Lehrkräfte über weitere Kompetenzen, etwa einem ausreichenden Fachwissen und fachdidaktischen Wissen im Bereich des Umgangs mit fachsprachlichen Repräsentationen, verfügen (vgl. Kapitel 3.2.3). Die wenigen empirischen Studien in diesem Bereich bescheinigen Lehrkräften der Naturwissenschaften fehlendes Wissen und Können beim Umgang mit Diagrammen und anderen Repräsentationen (Bowen & Roth, 2005; Eilam et al., 2014; Kotzebue & Nerdel, 2012; von Kotzebue, Gerstl, & Nerdel, 2015; McElvany et al., 2009; vgl. Kapitel 2.3.2.3). Dies deutet sich auch in den offenen Antworten des eingesetzten Fragebogens an, in denen einige der befragten Lehrkräfte fehlende eigene Kompetenzen als Hindernis für einen lernförderlichen Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht nannten (vgl. A.2). Vor diesem Hintergrund wird sich Eilam (2014) angeschlossen, die dafür plädiert, „that more attention should be paid to representations within professional development programmes to adequately prepare teachers to foster students’ understanding of this topic“ (S. 78).

In der vorliegenden Arbeit deutete sich ein Effekt der Fächerkombination zugunsten der Lehrkräfte mit einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweitfach an, insbesondere im Bereich des Erstellens von Diagrammen (vgl. Kapitel 7.5 und 8.6). Ebenso zeigten befragte Lehrkräfte mit eigener Forschungserfahrung im Bereich der Naturwissenschaften positiver ausgeprägte Überzeugungsfacetten und eine höhere Motivation im Bereich des Umgangs mit Diagrammen (vgl. Kapitel 7.5 und 8.6). Beide Befunde sprechen – vor dem Hintergrund der Empfehlungen aus der Literatur (Szyjka, Mumba, & Wise, 2011; Lunsford, Melear, Roth, Perkins, & Hickok, 2007; Bowen & Roth, 2005) – dafür, besonders Lehrkräften ohne naturwissenschaftliches Zweitfach und ohne ausreichende eigene Forschungserfahrung Gelegenheiten zum Umgang mit Diagrammen und anderen fachsprachlichen Repräsentationen in authentisch-naturwissenschaftlichen Kontexten zu ermöglichen, und zwar vor allem im Bereich des Erstellens von Diagrammen.

Ebenso erscheint es lohnend, an den Rahmenbedingungen anzusetzen, die für einen unterrichtlichen Einsatz von fachsprachlichen Repräsentationen bedeutend sind. Wie bereits weiter oben ausgeführt, berichtet ein Teil der befragten Lehrkräfte von einem Mangel an aktuellen und inhaltlich passenden Diagrammen, die im Unterricht eingesetzt werden können. Die Befragten erstellen nach eigenen Angaben nur äußerst selten Diagramme selbst, sondern entnehmen vorhandene Abbildungen aus verschiedenen Materialquellen, insbesondere aus Schulbüchern und zugehörigen Begleitmaterialien (für Details vgl. A.2). Möchte man Lehrkräfte bei einem lernförderlichen Einsatz von Diagrammen im Unterricht unterstützen, erscheint es daher sinnvoll, bei der Erstellung von Unterrichtsmaterialien stärker darauf zu achten, qualitativ hochwertige, aktuelle und idealerweise bearbeitbare Diagramme zur Verfügung zu stellen.

Ebenfalls in den Bereich der Rahmenbedingungen fallen Maßnahmen wie Methodencurricula und Methodentage sowie Absprachen zwischen Kolleginnen und Kollegen, die nur bedingt an den Schulen der befragten Lehrkräfte umgesetzt waren. Diese könnten aus fachdidaktischer Sicht ein sinnvolles Instrument darstellen, um einen Austausch über einen lernförderlichen Umgang mit Fachsprache bzw. fachsprachlichen Repräsentationen sowie über Prinzipien zur Förderung fachsprachlicher Kompetenzen anzuregen.

Schließlich ergab sich für die vorliegende Stichprobe ein Zusammenhang zwischen Lehrerüberzeugungen, der Unterrichtsgestaltung und Schülervariablen (vgl. Kapitel 9.4.2). Damit reiht sich die Untersuchung in groß angelegte Studien ein, die ähnliche Wirkzusammenhänge aufdecken konnten (Dubberke et al., 2008; Schroeder et al., 2011; Voss et al., 2011; vgl. Kapitel 3.2.3). Obgleich sich die Daten auf ausgewählte Aspekte hinsichtlich des Umgangs mit Diagrammen im Biologieunterricht beschränken und die Befunde den berichteten Einschränkungen unterliegen, unterstreichen sie die Bedeutung von Lehrerüberzeugungen für die pädagogische Praxis und ihre Relevanz als Gegenstand empirischer Lehr-Lernforschung.

Literaturverzeichnis

- Abell, S. K., & Smith, D. C. (1994). What is science?: Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 16(4), 475–487.
- Ahrenholz, B. (2010). *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache*. Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33, 131–152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183–198.
- Ainsworth, S., & Loizou, A. T. (2003). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive Science*, 27, 669–681.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333, 1096–1097.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 179–211.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Akyol, G., Tekkaya, C., Sungur, S., & Traynor, A. (2012). Modeling the interrelationships among pre-service science teachers' understanding and acceptance of evolution, their views on nature of science and self-efficacy beliefs regarding teaching evolution. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 937–957.
- Alger, C. L. (2009). Secondary teachers' conceptual metaphors of teaching and learning: Changes over the career span. *Teaching and Teacher Education*, 25(5), 743–751.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. Washington, DC: Author.
- Ball, S. J., & Lacey, C. (2011). Subject disciplines as the opportunity for group action: A measured critique of subject sub-cultures. In P. Woods (Hrsg.), *Teacher strategies: Explorations in the sociology of the school* (S. 149–177). London, New York: Routledge.
- Bandura, A. (1993). Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. *Educational Psychologist*, 28(2), 117–148.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.

- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Baumert, J., Kunter, M., Brunner, M., St. Krauss, Blum, W., & Neubrand, M. (2004). Mathematikunterricht aus Sicht der PISA-Schülerinnen und -Schüler und ihrer Lehrkräfte. In M. Prenzel (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland : Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 314–354). Münster, New York: Waxmann.
- Beck, J., Czerniak, C. M., & Lumpe, A. T. (2000). An exploratory study of teachers' beliefs regarding the implementation of constructivism in their classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 11(4), 323–343.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762.
- Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64(10), 1272–1277.
- Berck, K. H., & Graf, D. (1992). Begriffsauswahl und Begriffsvermittlung – Überblick über den Forschungsstand für den Biologieunterricht. In H. Entrich & L. Staeck (Hrsg.), *Sprache und Verstehen im Biologieunterricht* (S. 76–90). Alsbach: Leuchtturm-Verlag.
- Berg, C. A., & Phillips, D. G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 323–344.
- Berg, C. A., & Smith, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78(6), 527–554.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: Diagrams, networks, maps*. Madison: The University of Wisconsin Press.
- Beswick, K. (2006). Changes in preservice teachers' attitudes and beliefs: The net impact of two mathematics education units and intervening experiences. *School Science and Mathematics*, 106(1), 36–47.
- Blömeke, S., Suhl, U., & Döhrmann, M. (2012). Zusammenfügen was zusammengehört. Kompetenzprofile am Ende der Lehrerausbildung im internationalen Vergleich. *Zeitschrift für Pädagogik*, 58(4), 422–440.
- Boote, S. K. (2012). Assessing and understanding line graph interpretations using a scoring rubric of organized cited factors. *Journal of Science Teacher Education*, Advance online publication.
- Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational Researcher*, 33(8), 3–15.
- Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 673–708). New York: Macmillan.

- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- Boulton-Lewis, G. M., Smith, D., McCrindle, A. R., Burnett, P. C., & Campbell, K. J. (2001). Secondary teachers' conceptions of teaching and learning. *Learning and Instruction*, 11(1), 35–51.
- Bowen, G. M., & Roth, W.-M. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, 32(3), 303–327.
- Bowen, G. M., & Roth, W.-M. (2005). Data and graph interpretation practices among preservice science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1063–1088.
- Bowen, G. M., Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1999). Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientists: Toward a social practice view of scientific representation practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 1020–1043.
- Brandstetter, M., Sandmann, A., & Florian, C. (2017). Understanding pictorial information in biology: Students' cognitive activities and visual reading strategies. *International Journal of Science Education*, 4(1), 1–20.
- Breslyn, W., & McGinnis, J. R. (2012). A comparison of exemplary biology, chemistry, earth science, and physics teachers' conceptions and enactment of inquiry. *Science Education*, 96(1), 48–77.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53–62.
- Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: A comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 955–970.
- Britner, S. L., & Pajares, F. (2001). Self-efficacy beliefs, motivation, race, and gender in middle school science. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 7(4), 271–285.
- 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.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Bern, Göttingen, Toronto: H. Huber.
- Brown, S. L., & Melear, C. T. (2006). Investigation of secondary science teachers' beliefs and practices after authentic inquiry-based experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 938–962.
- Brownlee, J., Purdie, N., & Boulton-Lewis, G. (2001). Changing epistemological beliefs in pre-service teacher education students. *Teaching in Higher Education*, 6(2), 247–268.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., ... (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften. Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke

- (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 54–82). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Bryan, L. A. (2003). Nestedness of beliefs: Examining a prospective elementary teacher's belief system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 835–868.
- Bryan, L. A. (2012). Research on science teacher beliefs. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education (Springer International Handbooks of Education)* (Vol. 1, S. 477–495). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Buhlmann, R. (1985). Merkmale geschriebener und gesprochener Texte im Bereich naturwissenschaftlich-technischer Fachsprachen. Eine Betrachtung unter didaktischen Gesichtspunkten. *Fachsprache*, 1(2), 98–122.
- Bungarten, T. (1981). *Wissenschaftssprache: Beiträge zur Methodologie, theoretische Fundierung und Deskription*. München: Fink.
- Burgoon, J. N., & Duran, E. (2012). Investigating elementary teachers' conceptions of animal classification. *School Science and Mathematics*, 112(7), 410–419.
- Byrne, B. M. (2012). *Structural equation modeling with Mplus: Basic concepts, applications, and programming*. Multivariate applications series. New York: Routledge Academic.
- Calderhead, J. (1981). Stimulated recall: A method for research on teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 51(2), 211–217.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and knowledge. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 709–725). New York: Macmillan.
- Cantrell, P., Young, S., & Moore, A. (2003). Factors affecting science teaching efficacy of preservice elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 14(3), 177–192.
- Catley, K. M., Phillips, B. C., & Novick, L. R. (2013). Snakes and eels and dogs! Oh, my! Evaluating high school students' tree-thinking skills: An entry point to understanding evolution. *Research in Science Education*, 43(6), 2327–2348.
- Chan, K.-W. (2007). Hong Kong teacher education students' epistemological beliefs and their relations with conceptions of learning and learning strategies. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 16(2), 199–214.
- Chan, K.-W., & Elliott, R. G. (2004). Relational analysis of personal epistemology and conceptions about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, 20(8), 817–831.
- Cheng, M. M., Chan, K.-W., Tang, S. Y., & Cheng, A. Y. (2009). Pre-service teacher education students' epistemological beliefs and their conceptions of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 25(2), 319–327.
- Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: eine Frage der Perspektive?: Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität*. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie Bd. 29. Münster: Waxmann.

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd ed). Mahwah, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Coleman, J. M., McTigue, E. M., & Smolkin, L. B. (2011). Elementary teachers' use of graphical representations in science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 613–643.
- Cox, R. (1999). Representation construction, externalised cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9(4), 343–363.
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18(5), 382.
- Czerwenka, K., & Nölle, K. (2011). Forschung zur ersten Phase der Lehrerbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz, & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 362–380). Münster, München, Berlin [u.a.]: Waxmann.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601.
- Deci, E. L. (1971). Effects of externally mediated rewards on intrinsic motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 18, 105–115.
- Desouza, J. M. S., & Czerniak, C. M. (2003). Study of science teachers' attitudes toward and beliefs about collaborative reflective practice. *Journal of Science Teacher Education*, 14(2), 75–96.
- Ditton, H. (1998). *Mehrebenenanalyse: Grundlagen und Anwendungen des Hierarchisch Linearen Modells*. Juventa-Paperback. Weinheim, München: Juventa-Verlag.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University.
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M., & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(3), 193–206.
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- Eilam, B. (2013). Possible constraints of visualization in biology: Challenges in learning with multiple representations. In D. F. Treagust & C.-Y. Tsui (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: v. 7. Multiple representations in biological education* (S. 55–73). Dordrecht, London: Springer.
- Eilam, B., & Gilbert, J. K. (Hrsg.). (2014). *Science teachers' use of visual representations*. *Models and Modeling in Science Education*. Cham: Springer International Publishing.

- Eilam, B., Poyas, Y., & Hashimshoni, R. (2014). Representing visually: What teachers know and what they prefer. In B. Eilam & J. K. Gilbert (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education. Science teachers' use of visual representations* (S. 53–83). Cham: Springer International Publishing.
- Enders, C. K., & Tofighi, D. (2007). Centering predictor variables in cross-sectional multilevel models: A new look at an old issue. *Psychological Methods*, 12(2), 121–138.
- Enzengmüller, C., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2012). Lehrerüberzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner, & S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 183–194). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Enzengmüller, C., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2012). Graphs in science education – German biology teachers' beliefs, instructional practices, and related student outcomes. In E. de Vries & K. Scheiter (Hrsg.), *Staging knowledge and experience: How to take advantage of representational technologies in education and training?* (S. 64–66). Grenoble: Université Pierre-Mendès-France.
- Fang, Z. (1996). A review of research on teacher beliefs and practices. *Educational Research*, 38(1), 47–65.
- Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E., & Büttner, G. (2014). Student ratings of teaching quality in primary school: Dimensions and prediction of student outcomes. *Learning and Instruction*, 29, 1–9.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 41–52.
- Fischler, H. (2001). Verfahren zur Erfassung von Lehrer-Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 105–120.
- Fitzgerald, A., Dawson, V., & Hackling, M. (2012). Examining the beliefs and practices of four effective Australian primary science teachers. *Research in Science Education*,
- Fives, H., & Buehl, M. M. (2008). What do teachers believe?: Developing a framework for examining beliefs about teachers' knowledge and ability. *Contemporary Educational Psychology*, 33(2), 134–176.
- Fluck, H.-R. (1992). *Didaktik der Fachsprachen: Aufgaben und Arbeitsfelder, Konzepte und Perspektiven im Sprachbereich Deutsch. Forum für Fachsprachen-Forschung. Bd. 16.* Tübingen: Narr.
- Ford, M. J., & Forman, E. A. (2006). Redefining disciplinary learning in classroom contexts. *Review of Research in Education*, 30, 1–32.
- Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124–158.

- Gebauer, M. M., Mönig, S., & Bos, W. (2013). Kompetenzen angehender Lehrkräfte – ein Vergleich von MINT- und Nicht-MINT-Studierenden. In C. Selter & S. Hußmann (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT* (S. 227–244). Münster [u.a.]: Waxmann.
- Gee, J. P. (2005). Language in the science classroom: Academic social languages as the heart of school-based literacy. In R. Yerrick & W.-M. Roth (Hrsg.), *Establishing scientific classroom discourse communities. Multiple voices of teaching and learning research* (S. 19–37). Mahwah, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education. Visualization in Science Education* (S. 9–27). Springer Netherlands.
- Gläser-Zikuda, M., Seidel, T., Rohlf, C., Gröschner, A., & Ziegelbauer, S. (2012). Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung – Eine Einführung in die Thematik. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner, & S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 7–13). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183–210.
- Gogolin, I., & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel. Mehrsprachigkeit* (S. 107–127). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gooding, D. (2004). Cognition, construction and culture: Visual theories in the sciences. *Journal of Cognition and Culture*, 4(3), 551–593.
- Göpferich, S. (2008). Fachtextsorten der Naturwissenschaften und der Technik: ein Überblick. In L. Hoffmann, H. Kalverkämper, H. E. Wiegand, C. Galinski, & W. Hüllen (Hrsg.), *Handbücher zur Sprach- und Kommunikationswissenschaft: Vol. 14. Fachsprachen. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft* (S. 539–544). Berlin: Walter de Gruyter.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T., & Evans, R. (Hrsg.). (2002). *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Graf, D. (1989). *Begriffslernen im Biologieunterricht der Sekundarstufe I. Empirische Untersuchungen und Häufigkeitsanalysen*. Frankfurt am Main: Lang.
- Green, T. F. (1971). *The activities of teaching*. New York: McGraw-Hill.
- Greeno, J. G., & Hall, R. P. (1997). Practicing representation: Learning with and about representational forms. *Phi Delta Kappan*, 78(5), 361–367.
- Greenwald, A. G., McGhee, D. E., & Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: The implicit association test. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(6), 1464–1480.
- Groeben, N., & Scheele, B. (2010). Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 151–165). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Groeben, N., Wahl, D., Schlee, J., & Scheele, B. (1988). *Das Forschungsprogramm Subjektive Theorien*. Tübingen: Francke.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Grossman, P. L., & Stodolsky, S. S. (1995). Content as context: The role of school subjects in secondary school teaching. *Educational Researcher*, 24(8), 5–23.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie* 12. Münster: Waxmann.
- Hand, B. M., Alvermann, D. E., Gee, J., Guzzetti, B. J., Norris, S. P., Phillips, L. M., ... (2003). Message from the "island group": What is literacy in science literacy? *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 607–615.
- Haney, J. J., Lumpe, A. T., Czerniak, C. M., & Egan, V. (2002). From beliefs to actions: The beliefs and actions of teachers implementing change. *Journal of Science Teacher Education*, 13(3), 171–187.
- Harsh, J. A., & Schmitt-Harsh, M. (2016). Instructional strategies to develop graphing skills in the college science classroom. *The American Biology Teacher*, 78(1), 49–56.
- Hartinger, A., Kleickmann, T., & Hawelka, B. (2006). Der Einfluss von Lehrervorstellungen zum Lernen und Lehren auf die Gestaltung des Unterrichts und auf motivationale Schülervariablen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(1), 110–126.
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47–63.
- Hattikudur, S., Prather, R. W., Asquith, P., Alibali, M. W., Knuth, E. J., & Nathan, M. (2012). Constructing graphical representations: Middle schoolers' intuitions and developing knowledge about slope and y-intercept. *School Science and Mathematics*, 112(4), 230–240.
- Helmke, A. (2007). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern* (5. Aufl.). *Schulisches Qualitätsmanagement*. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (1. Aufl.). Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Helmke, A., & Weinert, F. E. (1997). Wissenschaftliche Grundlagen, Realisierungsbedingungen und Ergebnisperspektiven des Längsschnittprojektes SCHOLASTIK. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 1–12). Weinheim: Beltz, PsychologieVerlagsUnion.
- Helms, J. V. (1998). Science-and me: Subject matter and identity in secondary school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(7), 811–834.
- Helsper, W. (2011). Lehrerprofessionalität - der strukturtheoretische Professionsansatz zum Lehrerberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz, & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 149–170). Münster, München, Berlin [u.a.]: Waxmann.

- Hoffmann, L. (1987). *Kommunikationsmittel Fachsprache: Eine Einführung* (3. Aufl.). *Sammlung Akademie-Verlag* 44. Berlin: Akademie-Verlag.
- Holtgraves, T. (2004). Social desirability and self-reports: Testing models of socially desirable responding. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(2), 161–172.
- Hopf, C. (2008). Qualitative Interviews – ein Überblick. In E. v. Kardorff, I. Steinke, & U. Flick (Hrsg.), *Rororo: 55628 : Rowohlts Enzyklopädie. Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (6. Aufl., S. 349–360). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch-Verlag.
- Howard, S. K., Chan, A., & Caputi, P. (2015). More than beliefs: Subject areas and teachers' integration of laptops in secondary teaching. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 360–369.
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications* (2nd ed). *Quantitative methodology series*. New York: Routledge.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 5–28.
- Hussy, W., Schreier, M., & Echterhoff, G. (2013). Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor. *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*,
- Irez, S. (2006). Are we prepared?: An assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90(6), 1113–1143.
- Jansen, M., Schroeders, U., & Lüdtke, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. *Learning and Individual Differences*, 30(0), 11–21.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26.
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a Definition of Mixed Methods Research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112–133.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701.
- Jones, M. G., & Carter, G. (2007). Science teacher attitudes and beliefs. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 1067–1104). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jong, R. de, & Westerhof, K. J. (2001). The quality of student ratings of teacher behaviour. *Learning Environments Research*, 4(1), 51–85.
- Kagan, D. M. (1992). Implication of research on teacher belief. *Educational Psychologist*, 27(1), 65–90.

- Kalaian, H. A., & Freeman, D. J. (1994). Gender differences in self-confidence and educational beliefs among secondary teacher candidates. *Teaching and Teacher Education*, 10(6), 647–658.
- Kang, N.-H., & Wallace, C. S. (2005). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89(1), 140–165.
- King, K., Shumow, L., & Lietz, S. (2001). Science education in an urban elementary school: Case studies of teacher beliefs and classroom practices. *Science Education*, 85(2), 89–110.
- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis* (Dissertation). Münster: Universität.
- Kleickmann, T., Vehmeyer, J., & Möller, K. (2010). Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und kognitivem Strukturieren im Unterricht am Beispiel von Scaffolding-Maßnahmen. *Unterrichtswissenschaft*, 38(3), 210–228.
- Klöpfel, K., Schwanewedel, J., & Mayer, J. (2013). Biologische Informationen aus unterschiedlichen Repräsentationen erschließen: Entwicklung und Überprüfung eines Testinstruments. in D. Krüger, P. Schmiemann, A. Möller, A. Dittmer, & J. Zabel (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. (Band 12, S. 27–42). Berlin: Freie Universität Berlin.
- Kultusministerkonferenz [KMK] (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München [u.a.]: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz [KMK] (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München [u.a.]: Luchterhand.
- Kultusministerkonferenz [KMK] (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München [u.a.]: Luchterhand.
- Koballa, T., Graber, W., Coleman, D. C., & Kemp, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education*, 22(2), 209–224.
- Koballa, T. R., Glynn, S. M., & Upson, L. (2005). Conceptions of teaching science held by novice teachers in an alternative certification program. *Journal of Science Teacher Education*, 16(4), 287–308.
- Kosslyn, S. M. (1989). Understanding charts and graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 3(3), 185–226.
- Kotzebue, L. v. (2014). *Diagrammkompetenz als biologiedidaktische Aufgabe für die Lehrerbildung: Konzeption, Entwicklung und empirische Validierung eines Strukturmodells zum diagrammspezifischen Professionswissen im biologischen Kontext*

- (Dissertation). Technische Universität München. Retrieved from <http://dnb.info/1047678926/34>
- Kotzebue, L. v., & Nerdel, C. (2012). Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 181–200.
- Kotzebue, L. v., Gerstl, M., & Nerdel, C. (2015). Common Mistakes in the Construction of Diagrams in Biological Contexts. *Research in Science Education*, 45(2), 193–213.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205–226.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105–143.
- Kozma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representationl competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education. Visualization in Science Education* (S. 121–145). Springer Netherlands.
- Kragten, M., Admiraal, W., & Rijlaarsdam, G. (2015). Students' Learning Activities While Studying Biological Process Diagrams. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1915–1937.
- Kramarski, B. (2004). Making sense of graphs: Does metacognitive instruction make a difference on students' mathematical conceptions and alternative conceptions? *Learning and Instruction*, 14(6), 593–619.
- Kramarski, B., & Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive Training. *American Educational Research Journal*, 40(1), 281–310.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M., & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3/4), 223–258.
- Kreft, I., & Leeuw, J. d. (1999). *Introducing multilevel modeling. Introducing Statistical Methods*. London [etc.]: Sage.
- Kreft, I. G., Leeuw, J. d., & Aiken, L. S. (1995). The effect of different forms of centering in hierarchical linear models. *Multivariate Behavioral Research*, 30(1), 1–21.
- Krell, M., & Krüger, D. (2016). Testing models: A key aspect to promote teaching activities related to models and modelling in biology lessons? *Journal of Biological Education*, 50(2), 160–173.
- Krell, M., Belzen, A. U. zu, & Krüger, D. (2013). Students' understanding of the purpose of models in different biological contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2), 1–34.

- Kuckartz, U. (2010). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten* (3., aktualisierte Auflage). SpringerLink : Bücher. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2009). Physikalische Darstellungsformen. Ein Beitrag zur Klärung von "Kommunikationskompetenz". *MNU*, 62(6), 328–331.
- Kunter, M., & Baumert, J. (2006). Who is the expert? Construct and criteria validity of student and teacher ratings of instruction. *Learning Environments Research*, 9(3), 231–251.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Kunter, M., Tsai, Y.-M., Klusmann, U., Brunner, M., Krauss, S., & Baumert, J. (2008). Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. *Learning and Instruction*, 18(5), 468–482.
- Kupermintz, H. (2002). Affective and conative factors as aptitude resources in high school science achievement. *Educational Assessment*, 8(2), 123–137.
- Kürschner, C., & Schnotz, W. (2007). Konstruktion mentaler Repräsentationen bei der Verarbeitung von Text und Bildern [Construction of Mental Representations in Learning with Text and Pictures]. *Unterrichtswissenschaft*, 35(1), 48–67.
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht* (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Lachmayer, S., Nerdel, C., & Pechtl, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145–160.
- Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch* (4., vollst. überarb. Aufl). *Lehrbuch*. Weinheim, Basel: Beltz, PVU.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Latour, B. (1990). Drawing things together. In M. Lynch & S. Woolgar (Hrsg.), *Representation in scientific practice* (S. 19–68).
- Lau, S., & Roeser, R. W. (2002). Cognitive abilities and motivational processes in high school students' situational engagement and achievement in science. *Educational Assessment*, 8(2), 139–162.
- Lavonen, J., & Laaksonen, S. (2009). Context of teaching and learning school science in Finland: Reflections on PISA 2006 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922–944.
- Lee, M.-H., Johanson, R. E., & Tsai, C.-C. (2008). Exploring Taiwanese high school students' conceptions of and approaches to learning science through a structural equation modeling analysis. *Science Education*, 92(2), 191–220.
- Leech, N. L., & Onwuegbuzie, A. J. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Quality & Quantity*, 43(2), 265–275.

- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1–64.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! Bringt zusammen, was zusammen gehört! *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(3), 132–137.
- Leisen, J. (2005). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? – Sprache und Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 3, 4–9.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and value. Language and Educational Processes*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Lemke, J. L. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Hrsg.), *Reading science: Critical and functional perspectives of discourses of science* (S. 87–113). London: Routledge.
- Lemke, J. L. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (Hrsg.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (S. 33–47). Newark: International Reading Association.
- Leuchter, M. (2009). *Die Rolle der Lehrperson bei der Aufgabenbearbeitung: Unterrichtsbezogene Kognitionen von Lehrpersonen. Empirische Erziehungswissenschaften* 13.
- Leuchter, M., Pauli, C., Reusser, K., & Lipowsky, F. (2006). Unterrichtsbezogene Überzeugungen und handlungsleitende Kognitionen von Lehrpersonen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 562–579.
- Levin, B., & Ye He. (2008). Investigating the content and sources of teacher candidates' personal practical theories (PPTs). *Journal of Teacher Education*, 59(1), 55–68.
- Levitt, K. E. (2002). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education*, 86(1), 1–22.
- Liem, A. D., Lau, S., & Nie, Y. (2008). The role of self-efficacy, task value, and achievement goals in predicting learning strategies, task disengagement, peer relationship, and achievement outcome. *Contemporary Educational Psychology*, 33(4), 486–512.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an: Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In E. Terhart & C. Allemann-Ghionda (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft: Vol. 51. Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf* (S. 47–70). Weinheim: Beltz Verlag.
- Lipowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz, & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 398–417). Münster, München, Berlin [u.a.]: Waxmann.
- Lo, Y., & Starling, A. L. P. (2009). Improving graduate students' graphing skills of multiple baseline designs with Microsoft® Excel 2007. *The Behavior Analyst Today*, 10(1), 83–121.
- Lortie, D. C. (1975). *Schoolteacher*. Chicago: University of Chicago Press.

- Lotter, C., Harwood, W. S., & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1318–1347.
- Louis, R. A., & Mistele, J. M. (2012). Differences in scores and self-efficacy by student gender in mathematics and science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(5), 1163–1190.
- Lucero, M., Valcke, M., & Schellens, T. (2012). Teachers' beliefs and self-reported use of inquiry in science education in public primary schools. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1407–1423.
- Lüdtke, O., Marsh, H. W., Robitzsch, A., & Trautwein, U. (2011). A 2 × 2 taxonomy of multilevel latent contextual models: Accuracy–bias trade-offs in full and partial error correction models. *Psychological Methods*, 16(4), 444–467.
- Lüdtke, O., Marsh, H. W., Robitzsch, A., Trautwein, U., Asparouhov, T., & Muthén, B. (2008). The multilevel latent covariate model: A new, more reliable approach to group-level effects in contextual studies. *Psychological Methods*, 13(3), 203–229.
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. *Psychologische Rundschau*, 58(2), 103–117.
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., & Kunter, M. (2009). Assessing the impact of learning environments: How to use student ratings of classroom or school characteristics in multilevel modeling. *Contemporary Educational Psychology*, 34(2), 120–131.
- Lüdtke, O., Trautwein, U., Kunter, M., & Baumert, J. (2006). Analyse von Lernumwelten: Ansätze zur Bestimmung der Reliabilität und Übereinstimmung von Schülerwahrnehmungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1), 85–96.
- Lüdtke, O., Trautwein, U., Schnyder, I., & Niggli, A. (2007). Simultane Analysen auf Schüler- und Klassenebene. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39(1), 1–11.
- Luft, J. A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. *International Journal of Science Education*, 23(5), 517–534.
- Luft, J. A., & Roehrig, G. H. (2007). Capturing science teachers' epistemological beliefs: The development of the teacher beliefs interview. *Electronic Journal of Science Education*, 11(2), 38–63.
- Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J., & Belyukova, 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.

- Lunsford, E., Melear, C. T., Roth, W.-M., Perkins, M., & Hickok, L. G. (2007). Proliferation of inscriptions and transformations among preservice science teachers engaged in authentic science. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 538–564.
- Maas, Cora J. M., & Hox, J. J. (2005). Sufficient sample sizes for multilevel modeling. *Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences*, 1(3), 86–92.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (2002). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Science & Technology Education Library. Examining Pedagogical Content Knowledge* (S. 95–132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mansour, N. (2008). The experiences and personal religious beliefs of egyptian science teachers as a framework for understanding the shaping and reshaping of their beliefs and practices about Science-Technology-Society (STS). *International Journal of Science Education*, 30(12), 1605–1634.
- Mansour, N. (2009). Science teachers' beliefs and practices: Issues, implications and research agenda. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(1), 25–48.
- Mansour, N. (2013). Consistencies and inconsistencies between science teachers' beliefs and practices. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1230–1275.
- Markic, S., & Eilks, I. (2007). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik über Physikunterricht zu Beginn ihres Studiums und ihre Einordnung. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2(6), 31–42.
- Marsh, H. W., Lüdtke, O., Nagengast, B., Trautwein, U., Morin, A. J. S., Abduljabbar, A. S., & Köller, O. (2012). Classroom climate and contextual effects: Conceptual and methodological issues in the evaluation of group-level effects. *Educational Psychologist*, 47(2), 106–124.
- Marsh, H. W., Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., Asparouhov, T., Muthén, B., & Nagengast, B. (2009). Doubly-latent models of school contextual effects: Integrating multilevel and structural equation approaches to control measurement and sampling error. *Multivariate Behavioral Research*, 44(6), 764–802.
- Martínez, M. A., Sauleda, N., & Huber, G. L. (2001). Metaphors as blueprints of thinking about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, 17(8), 965–977.
- Mayer, H. O. (2004). *Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung* (2., verb. Aufl.). München [u.a.]: Oldenbourg.
- Mayring, P. (2001). Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 2(1).
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (5., neu ausgestattete Aufl.). Beltz Studium. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (10., neu ausgestattete Aufl.). Pädagogik. Weinheim, Basel: Beltz.

- Mayring, P., Huber, G. L., Gürtler, L., & Kiegelmann, M. (Hrsg.). (2007). *Mixed methodology in psychological research*. Rotterdam: Sense Publishers.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503–513.
- McElvany, N., Schroeder, S., Baumert, J., Schnotz, W., Horz, H., & Ullrich, M. (2012). Cognitively demanding learning materials with texts and instructional pictures: Teachers' diagnostic skills, pedagogical beliefs and motivation. *European Journal of Psychology of Education*, 27(3), 403–420.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W., ... (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3), 223–235.
- McElvany, N., Schroeder, S., Richter, T., Hachfeld, A., Baumert, J., Schnotz, W., ... (2010). Texte mit instruktionalen Bildern als Unterrichtsmaterial – Kompetenzen der Lehrkräfte. *Unterrichtswissenschaft*, 38, 98–116.
- McGinnis, J. R., Kramer, S., Shama, G., Graeber, A. O., Parker, C. A., & Watanabe, T. (2002). Undergraduates' attitudes and beliefs about subject matter and pedagogy measured periodically in a reform-based mathematics and science teacher preparation program. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8).
- McNeill, K. L., Pimentel, D. S., & Strauss, E. G. (2011). The impact of high school science teachers' beliefs, curricular enactments and experience on student learning during an inquiry-based urban ecology curriculum. *International Journal of Science Education*, 1–37.
- Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197–214.
- Merzyn, G. (2008). Sprache und Chemie lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 19(106/107), 94–97.
- Mevarech, Z. R., & Kramarski, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 32(3), 229–263.
- Michalchik, V., Rosenquist, A., Kozma, R., Kreikemeier, P., & Schank, P. (2008). Representational resources for constructing shared understandings in the high school chemistry classroom. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Hrsg.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (S. 233–282). New York: Springer.
- Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein [MSB] (2016). *Fachanforderungen Biologie: Allgemein bildende Schulen Sekundarstufe I – Gymnasium Sekundarstufe II*. Kiel.
- Möhn, D., & Pelka, R. (1984). *Fachsprachen: Eine Einführung*. Germanistische Arbeitshefte 30. Tübingen: Niemeyer.
- Morin, A. J. S., Marsh, H. W., Nagengast, B., & Scalas, L. F. (2013). Doubly Latent Multi-level Analyses of Classroom Climate: An Illustration. *The Journal of Experimental Education*, 1–25.

- Moritz, J. (2005). Reasoning about Covariation. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Hrsg.), *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking* (S. 227–255). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Morrison, J., & McDuffie, A. R. (2009). Connecting science and mathematics: Using inquiry investigations to learn about data collection, analysis, and display. *School Science and Mathematics*, 109(1), 31–44.
- Mulholland, J., Dorman, J. P., & Odgers, B. M. (2004). Assessment of science teaching efficacy of preservice teachers in an Australian university. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), 313–331.
- Müller, C. T. (2004). *Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Mummendey, H. D. (1981). Methoden und Probleme der Kontrolle sozialer Erwünschtheit (Social Desirability). *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 2.
- Mummendey, H. D. (1995). *Die Fragebogen-Methode: Grundlagen und Anwendung in Persönlichkeits-, Einstellungs- und Selbstkonzeptforschung* (2., korrigierte Aufl.). Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Munby, H., Russell, T., & Martin, A. K. (2001). Teachers' knowledge and how it develops. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (4. Aufl., S. 877–904). Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2010). *Mplus: Statistical analysis with latent variables: User's guide* (6th ed.). Los Angeles: Muthén & Muthén.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19(4), 317–328.
- Neuhaus, B. (2007). Unterrichtsqualität als Forschungsfeld für empirische biologiedidaktische Studien. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (1. Aufl., S. 243–254). Berlin, New York: Springer.
- Neumann, K., Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2012). Quality of instruction in science education. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education (Springer International Handbooks of Education)* (Vol. 1, S. 247–258). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Nitz, S. (2016). „More than words“ – Fachliche Kommunikation im Biologieunterricht. In A. Sandmann & P. Schmiemann (Hrsg.), *Biologie lernen und lehren: Vol. 1. Biologiedidaktische Forschung: Schwerpunkte und Forschungsstände* (pp. 47–60). Berlin: Logos Berlin.
- Nitz, S. (2012). *Fachsprache im Biologieunterricht: Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen* (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

- Nitz, S., Ainsworth, S. E., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction*, 31, 13–22.
- Nitz, S., Enzingmüller, C., Prechtel, H., & Nerdel, C. (2011). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht - eine empirische Untersuchung zur Einstellung angehender Lehrkräfte. *Unterrichtswissenschaft*, 39(3), 245–262.
- Nitz, S., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 117–139.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität. Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns* (S. 70–82). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Ogan-Bekiroglu, F., & Akkoç, H. (2009). Preservice teachers' instructional beliefs and examination of consistency between beliefs and practices. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(6), 1173–1199.
- Olson, J. M., & Zanna, M. P. (1993). Attitudes and attitude change. *Annual Review of Psychology*, 44(1), 117–154.
- Op't Eynde, P., Corte, E. de, & Verschaffel, L. (2003). Framing students' mathematics-related beliefs. A quest for conceptual clarity and a comprehensive categorization. In G. C. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner (Hrsg.), *Mathematics Education Library. Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* (S. 13–37). Dordrecht: Kluwer. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/0-306-47958-3_2
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.
- Ozel, M., & Luft, J. A. (2013). Beginning secondary science teachers' conceptualization and enactment of inquiry-based instruction. *School Science and Mathematics*, 113(6), 308–316.
- Padilla, M. J., McKenzie, D. L., & Shaw, E. L. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20–26.
- Pajares, F., Britner, S. L., & Valiante, G. (2000). Relation between Achievement Goals and Self-Beliefs of Middle School Students in Writing and Science. *Contemporary Educational Psychology*, 25(4), 406–422.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332.
- Peters, M. L. (2013). Examining the relationships among classroom climate, self-efficacy, and achievement in undergraduate mathematics: A multi-level analysis. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 459–480.

- Pimentel, D. S., & McNeill, K. L. (2013). Conducting talk in secondary science classrooms: Investigating instructional moves and teachers' beliefs. *Science Education*, 97(3), 367–394.
- Pineker-Fischer, A. (2017). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129.
- Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.-M. (2010). Toward a social practice perspective on the work of reading inscriptions in science texts. *Reading Psychology*, 31(3), 228–253.
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning through constructing representations in science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751–2773.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2010). Representing science literacies: An introduction. *Research in Science Education*, 40(1), 1–3.
- Prechtel, H. (2014). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. In M. Michalak (Hrsg.), *Sprache als Lernmedium im Fachunterricht. Theorien und Modelle für das sprachbewusste Lehren und Lernen* (1. Aufl., S. 91–112). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P., & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, ... (Hrsg.), *PISA 2000* (S. 191–248). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Thousand Oaks: Sage.
- Reusser, K., Pauli, C., & Elmer, A. (2011). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz, & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Münster, München, Berlin [u.a.]: Waxmann.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikula (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education* (S. 102–119). New York: Macmillan.
- Rincke, K. (2010a). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 235–260.
- Rincke, K. (2010b). Von der Alltagssprache zur Fachsprache. Bruch oder schrittweiser Übergang? In G. Fenkart, A. Lembens, & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 47–62). Innsbruck: StudienVerlag.

- Rincke, K. (2011). It's rather like learning a language: Development of talk and conceptual understanding in mechanics lessons. *International Journal of Science Education*, 33(2), 229–258.
- Roelcke, T. (1999). *Fachsprachen. Grundlagen der Germanistik* 37. Berlin: E. Schmidt.
- Roelcke, T. (2005). *Fachsprachen* (2., durchges. Aufl.). *Grundlagen der Germanistik* 37. Berlin: Schmidt.
- Röhner, C., & Hövelbrinks, B. (2013). *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache: Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Rokeach, M. (1968). *Beliefs, attitudes and values: A theory of organization and change*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Rönnebeck, S., Schöps, K., Prenzel, M., Mildner, D., & Hochweber, J. (2010). Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, ... (Hrsg.), *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt* (S. 177–198). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In M. J. Rosenberg, C. I. Hovland, W. J. McGuire, R. P. Abelson, & J. W. Brehm (Hrsg.), *Attitude organization and change. An analysis of consistency among attitude components* (S. 1–14). New Haven: Yale University Press.
- Rost, J., Prenzel, M., Carstensen, C. H., Senkbeil, M., & Groß, K. (2004). *Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland: Methoden und Ergebnisse von PISA 2000* (1. Aufl.). Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften.
- Roth, W.-M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 977–1019.
- Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1997). Graphing: Cognitive ability or practice? *Science Education*, 81(1), 91–106.
- Roth, W.-M., & McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: Toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, 68(1), 35–59.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54–67.
- Savasci, F., & Berlin, D. F. (2012). Science teacher beliefs and classroom practice related to constructivism in different school settings. *Journal of Science Teacher Education*, 23(1), 65–86.
- Schafer, J. L., & Graham, J. W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychological Methods*, 7(2), 147–177.
- Scheele, B., & Groeben, N. (1988). *Dialog-Konsens-Methoden zur Rekonstruktion subjektiver Theorien: Die Heidelberger Struktur-Lege-Technik (SLT), konsensuale Ziel-Mittel-Argumentation und kommunikative Flussdiagramm-Beschreibung von Handlungen*. Tübingen: A. Francke.

- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research*, 8(2), 23–74.
- Schnotz, W. (1994). Wissenserwerb mit logischen Bildern. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (S. 95–147). Bern: Huber.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29(4), 292–318.
- Schnotz, W., Horz, H., McElvany, N., Schroeder, S., Ullrich, M., Baumert, J., ... (2010). Das BiTe-Projekt: Integrative Verarbeitung von Bildern und Texten in der Sekundarstufe I. In E. Klieme, D. Leutner, & M. Kenk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik (S. 143–153). Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Schnotz, W., & Kürschner, C. (2008). External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effect on mental model construction. *Instructional Science*, 36, 175–190.
- Schroeder, S., Richter, T., McElvany, N., Hachfeld, A., Baumert, J., Schnotz, W., ... (2011). Teachers' beliefs, instructional behaviors, and students' engagement in learning from texts with instructional pictures. *Learning and Instruction*, 21(3), 403–415.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* (S. 28–53), *Zeitschrift für Pädagogik*, 44. Beiheft. Weinheim: Beltz.
- Seidel, T., Schwindt, K., Rimmel, R., & Prenzel, M. (2008). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? In M. A. Meyer, M. Prenzel, & S. Hellekamps (Hrsg.), *Perspektiven der Didaktik* (S. 259–276). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499.
- Seufert, T. (2003). Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen. In K. Sachs-Hombach (Hrsg.), *Was ist Bildkompetenz? Studien zur Bildwissenschaft* (S. 117–129). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.
- Shah, P., & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47–69.
- Snijders, T., & Bosker, R. J. (2003). *Multilevel analysis: An introduction to basic and advanced modeling*. London [u.a.]: Sage Publ.
- Snow, C. E. (2010). Academic language and the challenge of reading for learning about science. *Science*, 328(5977), 450–452.

- Solas, J. (1992). Investigating teacher and student thinking about the process of teaching and learning using autobiography and repertory grid. *Review of Educational Research*, 62(2), 205–225.
- Southerland, S. A., Sinatra, G. M., & Matthews, M. R. (2001). Belief, knowledge and science education. *Educational Psychology Review*, 13(4), 325–351.
- Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344–355.
- Stäudel, L., Franke-Braun, G., & Parchmann, I. (2008). Sprache, Kommunikation und Wissenserwerb im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 19, 4–9.
- Stieff, M., Hegarty, M., & Deslongchamps, G. (2011). Identifying representational competence with multi-representational displays. *Cognition and Instruction*, 29(1), 123–145.
- Stodolsky, S. S., & Grossman, P. L. (1995). The impact of subject matter on curricular activity: An analysis of five academic subjects. *American Educational Research Journal*, 32(2), 227–249.
- Stolberg, T. (2007). The religio-scientific frameworks of re-service primary teachers: An analysis of their influence on their teaching of science. *International Journal of Science Education*, 29(7), 909–930.
- Szyjka, S., Mumba, F., & Wise, K. C. (2011). Cognitive and attitudinal predictors related to line graphing achievement among elementary pre-service teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 563–578.
- Tairab, H. H., & Khalaf Al-Naqbi, A. K. (2004). How do secondary school science students interpret and construct scientific graphs? *Journal of Biological Education*, 38(3), 127–132.
- Tang, K.-S., & Moje, E. B. (2010). Relating multimodal representations to the literacies of science. *Research in Science Education*, 40(1), 81–85.
- Tang, K.-S., Delgado, C. & Moje, E. B. (2014). An Integrative Framework for the Analysis of Multiple and Multimodal Representations for Meaning-Making in Science Education. *Science Education*, 98 (2), 305–326.
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015). An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: Design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 460–477.
- Tenorth, H.-E. (2006). Professionalität im Lehrerberuf. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 580–597.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D. A. Grouws (Hrsg.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics*. (S. 127–146). New York: Macmillan.
- Thurstone, L. L. (1928). Attitudes can be measured. *American Journal of sociology*, 33(4), 529–554.

- Treagust, D. F., & Tsui, C.-Y. (Hrsg.). (2013). *Multiple representations in biological education. Models and Modeling in Science Education* v. 7. Dordrecht, London: Springer.
- Trumbull, D. J., Scarano, G., & Bonney, R. (2006). Relations among two teachers' practices and beliefs, conceptualizations of the nature of science, and their implementation of student independent inquiry projects. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1717–1750.
- Trumper, R. (2003). The need for change in elementary school teacher training—a cross-college age study of future teachers' conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching and Teacher Education*, 19(3), 309–323.
- Tsai, C.-C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771–783.
- Tsai, C.-C. (2007). Teachers' scientific epistemological views: The coherence with instruction and students' views. *Science Education*, 91(2), 222–243.
- Tytler, R., Peterson, S., & Prain, V. (2006). Picturing evaporation: Learning science literacy through a particle representation. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 52(1), 12–17.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrip, B. (Hrsg.). (2013). *Constructing representations to learn in science*. Rotterdam, Boston: SensePublishers.
- Uitto, A. (2014). Interest, attitudes and self-efficacy beliefs explaining upper-secondary students' orientation towards biology-related careers. *International Journal of Science and Mathematics Education*,
- Uzuntiryaki, E., Boz, Y., Kirbulut, D., & Bektas, O. (2010). Do pre-service chemistry teachers reflect their beliefs about constructivism in their teaching practices? *Research in Science Education*, 40(3), 403–424.
- Van Meter, P., Aleksic, M., Schwartz, A., & Garner, J. (2006). Learner-generated drawing as a strategy for learning from content area text. *Contemporary Educational Psychology*, 31(2), 142–166.
- Veal, W. R. (2004). Beliefs and knowledge in chemistry teacher development. *International Journal of Science Education*, 26(3), 329–351.
- Verjovsky, J., & Waldegg, G. (2005). Analyzing beliefs and practices of a Mexican high school biology teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 465–491.
- Virta, A. (2002). Becoming a history teacher: observations on the beliefs and growth of student teachers. *Teaching and Teacher Education*, 18(6), 687–698.
- Vollmer, G. (1980). *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht*. Frankfurt a. M.: Diesterweg.
- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 235–257). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.

- Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2013). Mathematics teachers' beliefs. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (S. 249–271). Boston, MA: Springer US.
- Vries, E. de, & Ashraf, M. (2014). Teachers' thoughts on visualisations in diverse cultural settings: The case of France and Pakistan. In B. Eilam & J. K. Gilbert (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education. Science teachers' use of visual representations* (S. 149–169). Cham: Springer International Publishing.
- Wahl, D. (1991). *Handeln unter Druck: Der weite Weg vom Wissen zum Handeln bei Lehrern, Hochschullehrern und Erwachsenenbildnern*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Waldrip, B., & Prain, V. (2012). Learning from and through representations in science. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education* (S. 145–155). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65–80.
- Wallace, C. S., & Kang, N.-H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936–960.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrmann, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle: Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wang, Z. H., Wei, S., Ding, W., Chen, X., Wang, X., & Hu, K. (2012). Students' cognitive reasoning of graphs: Characteristics and progression. *International Journal of Science Education*, 34(13), 2015–2041.
- Wavering, M. J. (1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373–379.
- Weidenmann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis* (S. 45–62). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Weidenmann, B. (1994). Informierende Bilder. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen* (S. 9–58). Bern: Huber.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University.
- Witzel, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. *Forum: Qualitative Sozialforschung*, 1(1).

- Wong, S. S., & Luft, J. A. (2015). Secondary science teachers' beliefs and persistence: A longitudinal mixed-methods study. *Journal of Science Teacher Education*, 26(7), 619–645.
- Wu, H.-K., & Krajcik, J. S. (2006a). Exploring middle school students' use of inscriptions in project-based science classrooms. *Science Education*, 90(5), 852–873.
- Wu, H.-K., & Krajcik, J. S. (2006b). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63–95.
- Wu, H.-K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754–767.
- Wüsten, S. (2010). *Allgemeine und fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität im Fach Biologie. Eine Video- und Interventionsstudie* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen.
- Wüsten, S., Schmelzing, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. (2008). Unterrichtsqualitätsmerkmale im Fach Biologie. Identifizierung und Quantifizierung von Qualitätsmerkmalen im Biologieunterricht. In D. Krüger, Upmeyer zu Belzen, Annette, T. Riemeier, & K. Niebert (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7* (S. 145–158). Hannover.
- Yore, L., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689–725.
- Yore, L. D., Pimm, D., & Tuan, H.-L. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 559–589.
- Yore, L. D., & Treagust, D. F. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy—empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 291–314.
- Yung, Benny Hin Wai, Zhu, Y., Wong, S. L., Cheng, M. W., & Lo, F. Y. (2013). Teachers' and students' conceptions of good science teaching. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2435–2461.
- Zacks, J., Levy, E., Tversky, B., & Schiano, D. (2002). Graphs in print. In M. Anderson, B. Meyer, & P. Olivier (Hrsg.), *Diagrammatic representation and reasoning* (S. 187–206). London, New York: Springer.
- Zeichner, K. M., & Gore, J. (1990). Teacher socialization. In W. R. Houston (Hrsg.), *Handbook of research on teacher education* (S. 329–348). New York: Macmillan.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343–367.
- Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., Heitmann, P., Jansen, M., Fischer, H. E., Kauertz, A., Kobow, I., Mayer, J., Sumfleth, E., Walpuski, M. (2017). Modellierung naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz – ein fächerübergreifendes Modell

zur Evaluation der Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.

Ziepprecht, K., Schwanewedel, J. & Mayer, J. (2015). Strategien und Fähigkeiten von Lernenden beim Erschließen von biologischen Informationen aus Texten, Bildern und Bild-Text-Kombinationen. In M. Hammann, J. Mayer & N. Wellnitz (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Band 6. Innsbruck: Studienverlag.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Repräsentationsformen im naturwissenschaftlichen Unterricht nach Leisen (2005).....	12
Abbildung 2. Realistische und logische Bilder nach Schnotz (1994).....	14
Abbildung 3. Professionelle Kompetenz von Lehrkräften nach Baumert & Kunter (2006).....	24
Abbildung 4. Übersicht zu Fokus, Studien und Kapitel der Dissertation.....	43
Abbildung 5. Strukturmodell der Diagrammkompetenz (Lachmayer et al., 2007).	59
Abbildung 6. Mehrebenen-Regressionsmodelle zur Untersuchung des Effekts der Lehrerüberzeugungen auf die Unterrichtsgestaltung und die Selbstwirksamkeit der Lernenden	102
Abbildung 7. Häufigkeit verschiedener Materialquellen für Diagramme (N = 71 Lehrkräfte)	183
Abbildung 8. Aufbereitung von Diagrammen für den Unterricht (N = 71 Lehrkräfte).....	184
Abbildung 9. Einrichtungen und Maßnahmen an den Schulen (N = 71 Lehrkräfte).....	186

Abbildungsnachweise

https://de.wikipedia.org/wiki/Chloroplast#/media/File:%C3%9Cberseemu-seum_Bremen_2009_238.JPG

https://de.wikipedia.org/wiki/Photosynthese#/media/File:Photosynthese_CO2-Konzentration.svg

<http://www.wikihow.com/Work-out-Fractions#/Image:Work-out-Fractions-Step-6.jpg>

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Beispielitems und interne Konsistenzen (Cronbachs α) der Skalen (N = 71).....	69
Tabelle 2. Deskriptive Kennwerte und Interkorrelationen der Skalen	71
Tabelle 3. Bivariate nonparametrische Korrelationen zwischen der Berufserfahrung und den Skalen.....	71
Tabelle 4. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen nach Geschlecht und Ergebnisse der t-Tests	72
Tabelle 5. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen nach Zweitfach und Ergebnisse der t-Tests.....	72
Tabelle 6. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen nach Forschungserfahrung und Ergebnisse der t-Tests	73
Table 7. Teacher beliefs and motivation: number of items, sample items and reliability of the scales.....	85
Table 8. Means and standard deviations of the teacher scales (N = 71)	86
Table 9. Intercorrelations of the teacher scales (N = 71)	87
Table 10. t-Test of teachers with and without two science subjects	87
Table 11. t-Test of biology teachers with and without own substantial research experience in the natural sciences.....	88
Table 12. Frequencies and percentages of self-reported classroom practices (N = 71).....	88
Table 13. Intercorrelations between teacher variables and self-reported classroom practices (N = 71).....	89
Tabelle 14. Deskriptive Kennwerte und Intraklassenkorrelationen der Skalen	106
Tabelle 15. Vorhersage der Schülerelbstwirksamkeit zum Lesen und Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht – Standardisierte Regressionskoeffizienten (β) aus der Mehrebenenanalyse.....	107
Tabelle 16. Vorhersage der Unterrichtsgestaltung in Form des expliziten Übens – Standardisierte Regressionskoeffizienten (β) aus der Mehrebenenanalyse	108
Tabelle 17. Gütewerte aus den konfirmatorischen Faktorenanalysen der Skalen zur Unterrichtsgestaltung (explizites Üben) im Bereich Lesen und Erstellen von Diagrammen.....	178

Tabelle 18. Gütewerte aus den konfirmatorischen Faktorenanalysen der Skalen zu Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden im Bereich Lesen und Erstellen von Diagrammen.....	181
Tabelle 19. Spontane Antworten der interviewten Lehrkräfte (N = 15) auf die Frage, was Fachsprache bezogen auf den Biologieunterricht beinhaltet.....	182
Tabelle 20. Genannte Schwierigkeiten und Hindernisse (N = 71 Lehrkräfte).....	185
Tabelle 21. Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelitems zu den Unterrichtspraktiken im Bereich der Diagrammkonstruktion nach Forschungserfahrung und Ergebnisse der t-Tests.....	187
Tabelle 22. Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelitems zu den Unterrichtspraktiken im Bereich der Diagrammkonstruktion nach Geschlecht und Ergebnisse der t-Tests.....	187
Tabelle 23. Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelitems zu den Unterrichtspraktiken im Bereich der Diagrammkonstruktion nach Zweitfach und Ergebnisse der t-Tests.....	188
Tabelle 24. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen im Bereich Erstellen nach Geschlecht und Ergebnisse der t-Tests.....	188

Anhang

A.1 Erhebungsinstrumente

A.1.1 Interviewleitfaden

I Begrüßung und Einführung		
<i>Dankeschön und Vorstellen</i>		
<i>For- schungs- interesse und Ziel der Studie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzbereich Kommunikation als Forschungsinteresse • Ziel, einen realistischen Einblick ins Feld der Kommunikation im Biologieunterricht aus Sicht von Lehrkräften zu bekommen 	Hinweis, dass kein Wissen abgeprüft wird, sondern persönliche Ansichten und Meinungen interessieren, keine richtigen oder falschen Antworten
<i>Rahmen klären</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitrahmen skizzieren • Datenverarbeitung und -verwendung erklären • Hinweis auf Tonaufnahme und Einholen des Einverständnisses zur Aufnahme • Aufbau des Tonaufnahmegerätes und Probeaufnahme 	Hinweise, dass in Publikationen kein Rückschluss auf Einzelpersonen möglich ist

II Demographischer Hintergrund und Berufsbiographie		
<i>Bitte um all- gemeine An- gaben</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie alt sind Sie? • Welchen Studiengang haben Sie studiert? In welchem Bundesland? • Haben Sie eigene Forschungserfahrungen im Bereich der Naturwissenschaften? • Wo haben Sie Ihr Referendariat gemacht? • An was für einer Schule unterrichten Sie? • Welche Fächer unterrichten Sie aktuell? • Wie lange unterrichten Sie jetzt insgesamt? 	wenn ja, Bitte um nähere Erläuterung

III Inhaltlicher Teil		
<i>Kommuni- kation im Biologieun- terricht</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Was sind Besonderheiten bezüglich der Kommunikation im Biologieunterricht? • Welche Fähigkeiten sollten Schülerinnen und Schüler Ihrer Meinung nach im Biologieunterricht im Bereich Kommunikation erwerben? 	Bitte um Vergleich zum Zweitfach
<i>Fachsprache im Biologie- unterricht</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Was beinhaltet für Sie „Fachsprache“ bezogen auf den Biologieunterricht? • Welche Funktion hat Fachsprache im Biologieunterricht ihrer Meinung nach? • Welche Erfahrung haben Sie persönlich bei der Vermittlung von Fachsprache im Unterricht gemacht? Welche Potenziale bzw. Schwierigkeiten sehen Sie hinsichtlich des Umgangs mit Fachsprache im Unterricht? • Bevor wir weiter ins Detail gehen, möchte ich Sie bitten, noch einmal zusammenzufassen, welchen Stellenwert Fachsprache in Ihrem Biologieunterricht hat. 	Bitte um eine Definition ggfs. Bitte um Bezug zu einem konkreten Unterrichtsthema (Fotosynthese)

III Fortsetzung Inhaltlicher Teil		
Lehren und Lernen mit fachsprachlichen Repräsentationen:	<p><i>Verbal-textliche Repräsentationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nach welchen Kriterien sollten Fachbegriffe im Biologieunterricht ausgewählt werden? Wie sollten Ihrer Meinung nach Fachbegriffe eingeführt werden? Gibt es Fachbegriffe, die den Schülerinnen und Schülern besondere Schwierigkeiten bereiten? Sollte man im Biologieunterricht mit Schülerinnen und Schülern besprechen, wie diese mit fachlichen Texten umgehen sollen? (Lesestrategien etc.) 	<p>ggfs. Bitte um Erläuterung an einem Beispiel (Photosynthese)</p> <p>Was tun Sie in einem solchen Fall? Wenn ja, was genau sollte ihnen vermittelt werden?</p>
	<p><i>Symbolisch-mathematische Repräsentationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Welche Erfahrung haben Sie mit chemischer Formelsprache im Biologieunterricht gemacht? Wie wichtig oder notwendig ist es, im Biologieunterricht chemische Formelsprache einzusetzen? Sollte der Umgang mit chemischer Formelsprache im Biologieunterricht Ihrer Meinung nach explizit thematisiert werden? Welche Verständnisprobleme treten nach Ihrer Erfahrung bei den Schülerinnen und Schülern im Zusammenhang mit der chemischen Formelsprache auf? Arbeiten Sie gern mit chemischer Formelsprache im Biologieunterricht? 	<p>evtl. Beispiele für chemische Formelsprache geben</p> <p>ggfs. Bitte um Begründung und Erläuterung</p>
	<p><i>Bildliche Repräsentationen, Fokus Diagramme:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Welchen Zweck haben Abbildungen im Biologieunterricht? Wie setzen Sie in der Regel Diagramme im Unterricht ein? Wie wichtig oder notwendig ist es, Diagramme im Biologieunterricht einzusetzen? Sollte im Biologieunterricht explizit besprochen werden, wie Schülerinnen und Schüler mit Diagrammen umgehen sollen? Welche Verständnisprobleme treten nach Ihrer Erfahrung bei den Schülerinnen und Schülern im Zusammenhang mit Diagrammen auf? Arbeiten Sie gern mit Diagrammen? 	<p>ggfs. Bitte um Begründung und Erläuterung</p>
IV Abschluss		
Bezug zu Lehrerausbildung	<ul style="list-style-type: none"> Wir haben nun viel über verschiedene Aspekte von Sprache im Biologieunterricht gesprochen. Können sie mir einmal schildern, ob und wie diese Aspekte in Ihrer Ausbildung thematisiert wurden? Was würden Sie sich von der fachdidaktischen Forschung bzgl. des Umgangs mit Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht wünschen? 	<p>Hätten Sie sich im Nachhinein mehr dieser Aspekte in der Ausbildung gewünscht? Welche? Haben Sie Fragen, die die fachdidaktische Forschung Ihnen in diesem Bereich beantworten könnte?</p>
Abschied	<p>Hinweis auf Ende Dankeschön Kontaktaten für Nachfragen Verabschiedung</p>	

A.1.2 Skalen

Lehrerebene

Explizites Üben bezogen auf das Lesen von Diagrammen

Literatur: adaptiert von McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
2 = trifft eher nicht zu
3 = trifft eher zu
4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: UEBiel5u

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
UEBiel2	Es ist notwendig, im Biologieunterricht explizit zu erklären, wie man unterschiedliche Diagramme liest.	3.23	.701	.485
UEBiel3	Das Lesen von Diagrammen muss im Biologieunterricht immer wieder mit den Schülern/innen explizit geübt werden.	3.21	.695	.428
UEBiel4	Es ist wichtig, das Lesen von Diagrammen unterschiedlicher Komplexität mit den Schüler/innen im Biologieunterricht zu üben.	3.46	.629	.628
UEBiel5u	Ein explizites Üben des Lesens von Diagrammen ist im Biologieunterricht nicht nötig. (-)	3.45	.789	.486

Skala: UEBiel; M = 3.34; SD = .53; Cronbachs α = .71; N = 71

Vermittlung von Strategien bezogen auf das Lesen von Diagrammen

Literatur: adaptiert von McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
STRAieL1	Am besten lernen Schüler/innen das Lesen von Diagrammen, wenn dabei immer nach der gleichen Struktur vorgegangen wird.	2.96	.794	.593
STRAieL2	Sicher werden Schüler/innen im Lesen von Diagrammen vor allem, wenn man ihnen eine klare Routine zeigt.	3.12	.631	.441
STRAieL3	Man sollte mit Schülern/innen feste Strategien einüben, die sie beim Lesen von neuen Diagrammen anwenden können.	3.33	.700	.640
STRAieL4	Schüler/innen werden dann zu guten Lesern von Diagrammen, wenn sie immer wieder bestimmte Lesestrategien einüben.	3.14	.648	.579

Skala: STRAieL; M = 3.14; SD = .53; Cronbachs α = .76; N = 69

Vermittlung einer kritischen Lesehaltung

Literatur:	Eigenentwicklung
Skalierung:	1 = trifft überhaupt nicht zu 2 = trifft eher nicht zu 3 = trifft eher zu 4 = trifft voll und ganz zu
Umgepolte Items:	keine
Skalenbildung:	Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
KRITL1	Schüler/innen sollten Diagramme in Unterrichtsmaterialien mit dem Gedanken lesen, dass sie fehlerhaft sein könnten.	2.71	.806	.465
KRITL2	Beim Arbeiten mit Diagrammen sollte vor allem eine kritische Lesehaltung gefördert werden.	2.84	.901	.462
KRITL4	Gerade im Biologieunterricht muss das kritische Lesen von Diagrammen vermittelt werden.	3.12	.676	.442
KRITL7	Diagramme kritisch reflektieren zu können, ist ein wichtiges Lernziel im Biologieunterricht.	3.22	.725	.579
KRITL8	Schüler/innen sollen im Biologieunterricht lernen zu beurteilen, ob Diagramme zuverlässige Informationen liefern.	3.17	.766	.541

Skala: KRITL; M = 3.01 ; SD = .54; Cronbachs α = .73 .; N = 69

Schwierigkeit bezogen auf das Lesen von Diagrammen

Literatur: adaptiert von McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
	„Wenn ich sehe, dass in Schulbüchern oder Unterrichtsmaterialien, die ich verwenden will, Diagramme in die zu lesenden Texte integriert sind,			
EDieL1	...habe ich stellenweise ein ungutes Gefühl, weil Diagramme für Schüler/innen oft kompliziert zu verstehen sind.“	2.26	.695	.536
EDieL2	...kommt es vor, dass ich mich gestresst fühle, weil die Informationsentnahme aus Diagrammen den Schülern/innen oft schwer zu vermitteln ist.“	1.81	.666	.737
EDieL3	...habe ich teilweise den Gedanken, dass das Besprechen der zu lesenden Diagramme den Unterrichtsablauf vermutlich verkomplizieren wird.“	1.93	.729	.723
EDieL4	...fühle ich mich manchmal unsicher.“	1.79	.778	.545
Skala: EDieL; M = 1.95; SD = .59; Cronbachs α = .81; N = 70				

Explizites Üben bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: adaptiert von McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: UEBkL5u

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
UEBkL2	Es ist notwendig, im Biologieunterricht explizit zu erklären, wie man unterschiedliche Diagramme erstellt.	3.15	.833	.637
UEBkL3	Das Erstellen von Diagrammen muss im Biologieunterricht immer wieder mit den Schülern/innen explizit geübt werden.	3.18	.668	.785
UEBkL4	Es ist wichtig, das Erstellen von Diagrammen unterschiedlicher Komplexität mit den Schüler/innen im Biologieunterricht zu üben.	3.13	.710	.556
UEBkL5u	Ein explizites Üben des Erstellens von Diagrammen ist im Biologieunterricht nicht nötig. (-)	3.19	.718	.534

Skala: UEBkL; M = 3.16; SD = .60; Cronbachs α = .81; N = 68

Vermittlung von Strategien bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: adaptiert von McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
STRAkL1	Am besten lernen Schüler/innen das Erstellen von Diagrammen, wenn dabei immer nach der gleichen Struktur vorgegangen wird.	2.89	.713	.504
STRAkL2	Sicher werden Schüler/innen im Erstellen von Diagrammen vor allem, wenn man ihnen eine klare Routine zeigt.	3.30	.521	.502
STRAkL3	Man sollte mit Schülern/innen feste Strategien einüben, die sie beim Erstellen von neuen Diagrammen anwenden können.	3.04	.576	.581
STRAkL4	Schüler/innen werden dann gut beim Erstellen von Diagrammen, wenn sie immer wieder bestimmte Strategien einüben.	2.96	.624	.755

Skala: STRAkL; M = 3.05; SD = .47; Cronbachs α = .77; N = 70

Schwierigkeit bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: adaptiert von McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
	Wenn ich sehe, dass in Schulbüchern oder Unterrichtsmaterialien, die ich verwenden will, Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, selbst Diagramme zu erstellen,			
EDkL1	...habe ich stellenweise ein ungutes Gefühl, weil das korrekte Erstellen von Diagrammen für Schüler/innen oft kompliziert zu verstehen ist.	1.83	.722	.639
EDkL2	...kommt es vor, dass ich mich gestresst fühle, weil das Erstellen von Diagrammen den Schülern/innen oft schwer zu vermitteln ist.	1.97	.742	.703
EDkL3	...habe ich teilweise den Gedanken, dass das Erstellen von Diagrammen den Unterrichtsablauf vermutlich verkomplizieren wird.	1.74	.606	.771
EDkL4	...fühle ich mich manchmal unsicher.	1.99	.732	.746
Skala: EDkL; M = 1.88; SD = .59; Cronbachs α = .86; N = 70				

Motivation bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: in Anlehnung an McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}
MOVkL1	Das Erstellen von Diagrammen im Unterricht macht mir Spaß.	2.81	.833	.826
MOVkL2	Es macht mir Freude, wenn ich Daten mit Hilfe von Diagrammen darstellen kann.	2.79	.724	.809
MOVkL3	Es macht mir Freude, mit Schülerinnen und Schülern selbst erstellte Diagramme zu besprechen.	3.09	.748	.748

Skala: MOVkL; M = 2.90; SD = .70; Cronbachs α = .89; N = 68

Unterrichtsebene

Häufigkeit von Unterrichtspraktiken bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: Eigenentwicklung

Skalierung: 1 = nie
 2 = selten
 3 = gelegentlich
 4 = oft

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Einzelitems

Kennwerte Lehrkräfte:

Itemname	Itemtext	M	SD
UPtraL2	Schüler/innen zeichnen Diagramme von der Tafel ab.	2.58	.86
UPtraL6	Schüler/innen stellen vorgegebene Daten in einem Diagramm dar.	2.76	.62
UPwisL1	Schüler/innen stellen ihre Hypothesen zu einem biologischen Sachverhalt/Zusammenhang in Form von Diagrammen dar.	2.18	.78
UPwisL2	Schüler/innen stellen selbst gesammelte Daten in einem Diagramm dar.	2.67	.78
UPdisL1	Schüler/innen diskutieren in Gruppen über selbst erstellte Diagramme.	2.14	.88
UPdisL2	Schüler/innen überarbeiten selbst erstellte Diagramme basierend auf Feedback von Klassenkameraden.	1.83	.77
UPpcL2	Schüler/innen erstellen Diagramme am Computer.	1.86	.72

Kennwerte Schülerinnen und Schüler:

Itemname	Itemtext	M	SD	ICC _i
UPtraS2	Wir zeichnen Diagramme von der Tafel ab.	2.16	.85	.221
UPtraS6	Wir stellen vorgegebene Daten in einem Diagramm dar.	2.31	.82	.291
UPwisS1	Wir stellen ihre Hypothesen zu einem biologischen Sachverhalt/Zusammenhang in Form von Diagrammen dar.	2.11	.88	.208
UPwisS2	Wir stellen selbst gesammelte Daten in einem Diagramm dar.	2.14	.89	.314
UPdisS1	Wir diskutieren in Gruppen über selbst erstellte Diagramme.	1.58	.74	.164
UPdisS2	Wir überarbeiten selbst erstellte Diagramme basierend auf Feedback von Klassenkameraden.	1.42	.69	.194
UPpcS2	Wir erstellen Diagramme am Computer.	1.26	.56	.170

 Unterrichtsgestaltung - Explizites Üben bezogen auf das Lesen von Diagrammen

Literatur: in Anlehnung an McElvany et al., 2010

 Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}	ICC_1
UEBieS1	Wir üben systematisch das Lesen von Diagrammen.	1.89	.906	.751	.272
UEBieS2	Unsere Biologielehrkraft erklärt uns explizit, wie man unterschiedliche Diagrammtypen richtig liest.	1.79	.803	.676	.177
UEBieS3	Unsere Biologielehrkraft übt mit uns das Lesen unterschiedlich komplexer Diagramme.	2.00	.915	.745	.314
UEBieS4	Wenn wir mit Diagrammen arbeiten, besprechen wir detailliert, wie man sie richtig liest.	2.20	.917	.641	.217

 Skala: UEBieS; M = 1.98; SD = .74; Cronbachs α = .86; ICC_2 = .854; N = 1272

 Unterrichtsgestaltung – Explizites Üben bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: in Anlehnung an McElvany et al., 2010

 Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Item- name	Itemtext	M	SD	r_{it}	ICC_1
UEBkS1	Wir üben systematisch das Erstellen von Diagrammen im Biologieunterricht.	1.57	.71	.729	.155
UEBkS2	Unsere Biologielehrkraft erklärt uns explizit, wie man unterschiedliche Diagrammtypen richtig erstellt.	1.84	.78	.671	.176
UEBkS3	Unsere Biologielehrkraft übt mit uns, wie man unterschiedlich komplexe Diagramme aufbaut.	1.67	.72	.768	.167
UEBkS4	Wenn wir mit Diagrammen im Biologieunterricht arbeiten, besprechen wir detailliert, wie man ein Diagramm aufbaut.	1.73	.73	.712	.143

 Skala: UEBkS; M = 1.71; SD = .63; Cronbachs α = .87; ICC_2 = .775; N = 1273

Tabelle 17. Gütewerte aus den konfirmatorischen Faktorenanalysen der Skalen zur Unterrichtsgestaltung (explizites Üben) im Bereich Lesen und Erstellen von Diagrammen

Modell	χ^2	<i>df</i>	SRMR	TLI	CFI	RMSEA
Modell 1	637.003*	40	.062	.753	.824	.110
Modell 2	154.019	38	.035	.949	.966	.050

Modell 1 = 1-Faktor-Modell ohne Trennung von Lesen und Erstellen; Modell 2 = 2-Faktoren-Modell mit Trennung nach Lesen und Erstellen; * $p < 0.001$.

*Schülerebene**Kompetenzüberzeugungen bezogen auf das Lesen von Diagrammen*

Literatur: in Anlehnung an McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Kennwerte:

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}	ICC_1
SWKieS1	Ich bin mir sicher, dass ich Diagramme im Biologieunterricht korrekt lesen kann.	3.13	.714	.659	.044
SWKieS2	Ich bin zuversichtlich, dass ich biologische Inhalte, die ich aus Diagrammen entnehmen muss, gut verstehen kann.	3.00	.675	.502	.070
SWKieS3	Ich traue mir zu, dass ich Aufgaben, in denen ich aufgefordert werde, ein Diagramm zu lesen, korrekt lösen kann.	3.12	.694	.716	.037

Skala: SWKieS; M = 3.09; SD = .58; Cronbachs α = .78; N = 1271

Kompetenzüberzeugungen bezogen auf das Erstellen von Diagrammen

Literatur: in Anlehnung an McElvany et al., 2010

Skalierung: 1 = trifft überhaupt nicht zu
 2 = trifft eher nicht zu
 3 = trifft eher zu
 4 = trifft voll und ganz zu

Umgepolte Items: keine

Skalenbildung: Mittelwert

Itemname	Itemtext	M	SD	r_{it}	ICC_1
SWKkS1	Ich bin mir sicher, dass ich Diagramme im Biologieunterricht korrekt erstellen kann.	3.02	.755	.755	.058
SWKkS2	Ich bin zuversichtlich, dass ich biologische Inhalte in Form eines Diagramms darstellen kann.	2.97	.758	.758	.069
SWKkS3	Ich traue mir zu, dass ich Aufgaben, in denen ich aufgefordert werde, ein Diagramm selber zu konstruieren, korrekt lösen kann.	2.98	.763	.763	.077

Skala: SWKkS; M = 3.00; SD = .66; Cronbachs α = .86; N = 1267

Tabelle 18. Güterwerte aus den konfirmatorischen Faktorenanalysen der Skalen zu Selbstwirksamkeitserwartungen der Lernenden im Bereich Lesen und Erstellen von Diagrammen

Modell	χ^2	<i>df</i>	SRMR	TLI	CFI	RMSEA
Modell 1	407.730*	20	.058	.790	.860	.122
Modell 2	87.405*	18	.024	.958	.975	.055

Modell 1 = 1-Faktor-Modell ohne Trennung von Lesen und Erstellen; Modell 2 = 2-Faktoren-Modell mit Trennung nach Lesen und Erstellen; * $p < 0.001$.

A.2 Ergänzende Ergebnisse

Interviewstudie

Tabelle 19. Spontane Antworten der interviewten Lehrkräfte (N = 15) auf die Frage, was Fachsprache bezogen auf den Biologieunterricht beinhaltet

Interviewter	paraphrasierte Spontanantworten
F1	<i>Fachbegriffe und Fremdwörter, die teils biologiespezifisch sind und teils auch in anderen Fächern verwendet werden</i>
F2	<i>bestimmte Begrifflichkeiten, die in der Biologie vorkommen und die man nutzen können muss</i>
F3	<i>Fachausdrücke, die Schülerinnen und Schüler benutzen können sollen</i>
F4	<i>gewisse Vokabeln, gewisse Begriffe, die es in der Biologie gibt, die bereits für ein ganzes Feld oder für einen ganzen Satz stehen</i>
D1	<i>Fachbegriffe, die komplexe Vorgänge zusammenfassen, die man sonst nur umschreiben könnte</i>
D2	<i>Fachbegriffe</i>
K1	<i>präzise Formulierungen, Fachbegriffe</i>
K2	<i>Begriffe, die man in der Fachliteratur findet</i>
B1	<i>Fachausdrücke, über die man sich einheitlich verständigen kann, die man in Lehrbüchern findet</i>
B2	<i>gängige Fachbegriffe</i>
B3	<i>Begrifflichkeiten, die Schülerinnen und Schüler irgendwann lernen müssen und anwenden können müssen</i>
B4	<i>Fachbegriffe, mit denen man sich in einer Disziplin verständigt</i>
B5	<i>Begriffe, die man genau definieren kann</i>
B6	<i>Wissenschaftliche Fachbegriffe</i>
B7	<i>bestimmte Fachtermini, die gebräuchlich sind und die Schülerinnen und Schüler beherrschen müssen</i>

Fragebogenstudie

Im eingesetzten Lehrerfragebogen wurden einige ergänzende Fragen zum Einsatz von Diagrammen im Biologieunterricht gestellt. Entsprechende Ergebnisse werden im Folgenden berichtet.

Unterrichtsvorbereitung beim Einsatz von Diagrammen

Die Lehrkräfte wurden danach gefragt, wie oft sie bestimmte Medien als Quellen für Diagramme, die sie im Biologieunterricht einsetzen, nutzen. Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Nutzungshäufigkeiten der jeweiligen Materialquellen.

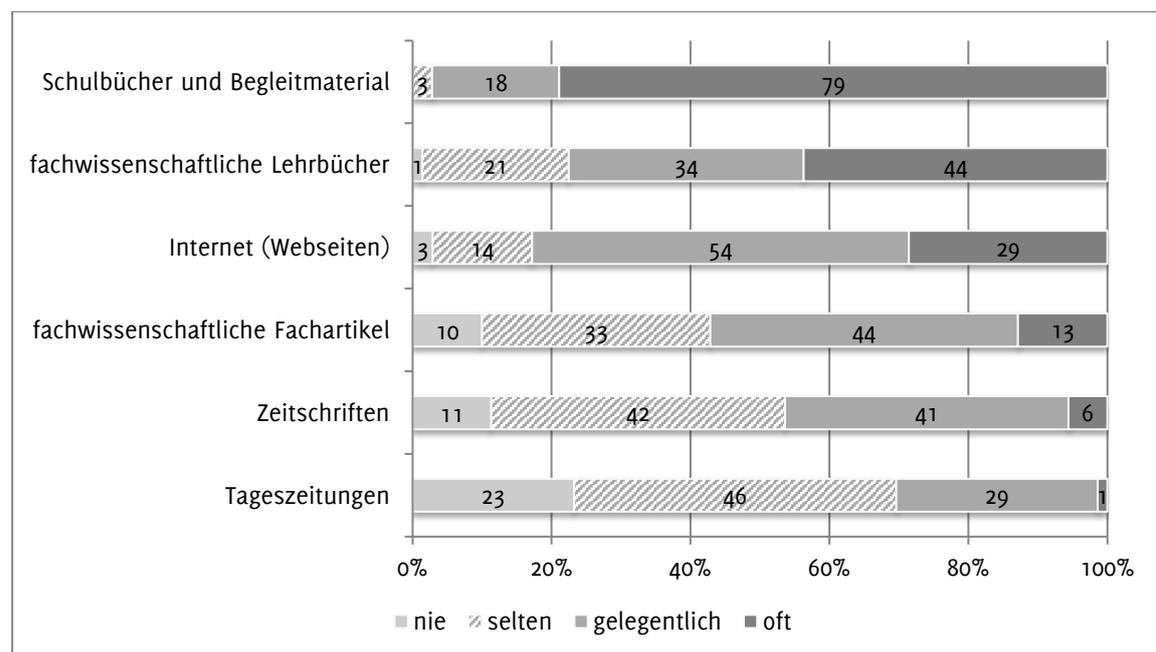


Abbildung 7. Häufigkeit verschiedener Materialquellen für Diagramme (N = 71 Lehrkräfte)

Bezogen auf Diagramme ist das Schulbuch und zugehöriges Begleitmaterial die wichtigste Materialquelle für die befragten Lehrkräfte. Mehr als drei von vier Lehrkräften gaben an, Schulbücher oft als Quelle heranzuziehen, knapp jede fünfte Lehrkraft nutzt sie gelegentlich. Nur 3% der Befragten gaben an, Diagramme selten aus Schulbüchern zu entnehmen. Als zweithäufigste Quelle wurden fachwissenschaftliche Lehrbücher angegeben. Fast die Hälfte der Lehrkräfte greift oft auf diese Materialquelle zurück, etwas mehr als ein Drittel tut dies gelegentlich. Auch das Internet stellte sich als wichtige Quelle für Diagramme heraus. Mehr als 80% der Lehrkräfte gaben an, Diagramme aus dem Internet gelegentlich oder oft in ihrem Unterricht zu verwenden. Fachwissenschaftliche Fachartikel werden etwas seltener herangezogen. Etwa jede zehnte Lehrkraft verwendet sie oft, etwas mehr als 40% der Lehrkräfte gelegentlich. Zeitschriften und Tageszeitungen werden am seltensten als Quelle für Diagramme verwendet.

Die Lehrkräfte wurden zudem gebeten, anzugeben, ob und wie sie die aus den Quellen entnommenen Diagramme aufbereiten, bevor sie sie im Biologieunterricht einsetzen (Abbildung 8).

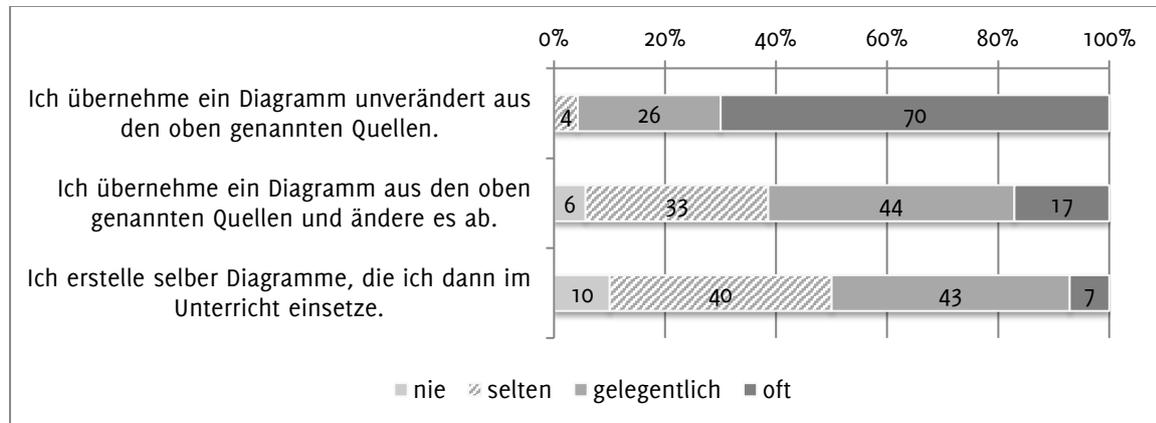


Abbildung 8. Aufbereitung von Diagrammen für den Unterricht (N = 71 Lehrkräfte)

Im Durchschnitt am häufigsten entnehmen die befragten Lehrkräfte Diagramme unverändert aus den entsprechenden Quellen. Ungefähr drei von vier Lehrkräften gaben an, dies oft zu tun. Wesentlich seltener werden Diagramme vor dem Einsatz im Unterricht abgeändert. Am seltensten werden Diagramme für den Unterricht selbst erstellt. Die Hälfte der Lehrkräfte gab an, Diagramme selten oder nie selbst für den Unterricht zu erstellen.

Rahmenbedingungen zur Förderung von Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen

In der Lehrerforschung werden verschiedene Faktoren diskutiert, die dazu beitragen, dass Lehrkräfte nicht oder nur eingeschränkt gemäß ihren geäußerten Überzeugungen handeln (vgl. Kapitel 3.2.3). Neben individuellen Merkmalen der Lehrkraft, wie dem Fachwissen, spielt auch der soziale und institutionelle Kontext an der Schule eine Rolle. In der Fragebogenstudie wurden die Lehrkräfte daher auch nach bestimmten Rahmenbedingungen zur Förderung von Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen befragt.

In einer offenen Frage wurden die Lehrkräfte gebeten, *Schwierigkeiten oder Hindernisse* zu nennen, die einen lernförderlichen Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht erschweren. Identische und ähnliche Formulierungen wurden unter der jeweils häufigsten Formulierung zusammengefasst. Für die Auswertung wurden die einzelnen Aspekte den in Kapitel 3.2.3 näher beschriebenen Ebenen, *sozialer und institutioneller Kontext*, *Merkmale der Lehrkraft* sowie *Merkmale der Lernenden* zugeordnet (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 20. Genannte Schwierigkeiten und Hindernisse (N = 71 Lehrkräfte)

Bereiche	genannte Schwierigkeiten und Hindernisse	n
sozialer und institutioneller Kontext	Zeitmangel	24
	Stofffülle und Klausurendruck	12
	fehlendes oder unzureichendes Unterrichtsmaterial	9
	fehlende Aus- und Fortbildung	3
	fehlende Zusammenarbeit zwischen Fächern	1
	keine einheitlichen Vorgaben	1
	Größe der Lerngruppe	1
	Heterogenität der Lerngruppe	1
Merkmale der Lehrkraft	fehlendes Wissen/Unsicherheit	7
	mangelnde Wahrnehmung der Notwendigkeit	4
Merkmale der Lernenden	Motivation der Lernenden	9
	Vorwissen der Lernenden	8
Weitere	Arbeiten mit Diagrammen ist zeitaufwändig	8

Auf den *sozialen und institutionellen Kontext* fallen insgesamt 52 Nennungen. Dabei wurde mit Abstand am häufigsten genannt, dass im Unterricht zu wenig Zeit zur Verfügung stehe, den sachgerechten Umgang mit Diagrammen explizit im Unterricht zu thematisieren und zu üben. Am zweithäufigsten wurden Stofffülle und Klausurendruck bedingt durch die curricularen Anforderungen als Hindernis angeführt, gefolgt von fehlenden materiellen Ressourcen in Form von Unterrichtsmaterial. Einigen befragten Lehrkräften fehlt es hiernach an aktuellen und inhaltlich passenden Diagrammen, die im Unterricht eingesetzt werden können. Jeweils eine Nennung viel auf fehlende Einheitlichkeit, wie mit Diagrammen im Unterricht umgegangen werden soll sowie auf die Größe und Heterogenität von Lerngruppen.

Im Bereich der *Merkmale der Lehrkraft* nannten die Befragten mit sieben Nennungen fehlendes Wissen auf Seiten der Lehrkraft als häufigste Schwierigkeit. Hierbei wurden neben der eigenen Diagrammkompetenz auch fehlende Kenntnisse im Umgang mit Software zur Datenauswertung, wie z. B. Excel, genannt. Darüber hinaus wurde angeführt, dass einige Lehrkräfte keine Notwendigkeit dafür sehen, den Umgang mit Diagrammen explizit zu thematisieren. Vor allem in der Oberstufe werde häufig fälschlicherweise davon ausgegangen, dass Lernende bereits über alle nötigen Kompetenzen im Bereich des Umgangs mit Diagrammen verfügten.

Auf der *Ebene der Lernenden* wurde sowohl die *Motivation* als auch das *Vorwissen* als Schwierigkeiten angegeben. Auf Seite der motivationalen Voraussetzungen wurde angegeben, dass Lernende Diagramme tendenziell als langweilig wahrnehmen und daher eher desinteressiert sind, wenn entsprechende Aspekte thematisiert werden. Bei den kognitiven Voraussetzungen wurde das fehlende mathematische Vorwissen oder das unzureichende Abstraktionsvermögen vieler Lernender als problematisch hervorgehoben.

Mit acht Nennungen als relativ häufig anzusehen war die Auffassung, dass das Arbeiten mit Diagrammen mit einem hohen Vorbereitungsaufwand einhergeht (z. B. Erstellen eigener oder Verändern vorhandener Diagramme).

Eine weitere offene Frage zielte auf *Absprachen und Einrichtungen* zur Förderung von Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen an den Schulen der befragten Lehrkräfte. In Form von Alternativfragen (ja/nein) wurde das Vorhandensein von verschiedenen Einrichtungen und Maßnahmen erfragt, die den Umgang mit Diagrammen im Unterricht bzw. an der Schule einschließen (Abbildung 9).

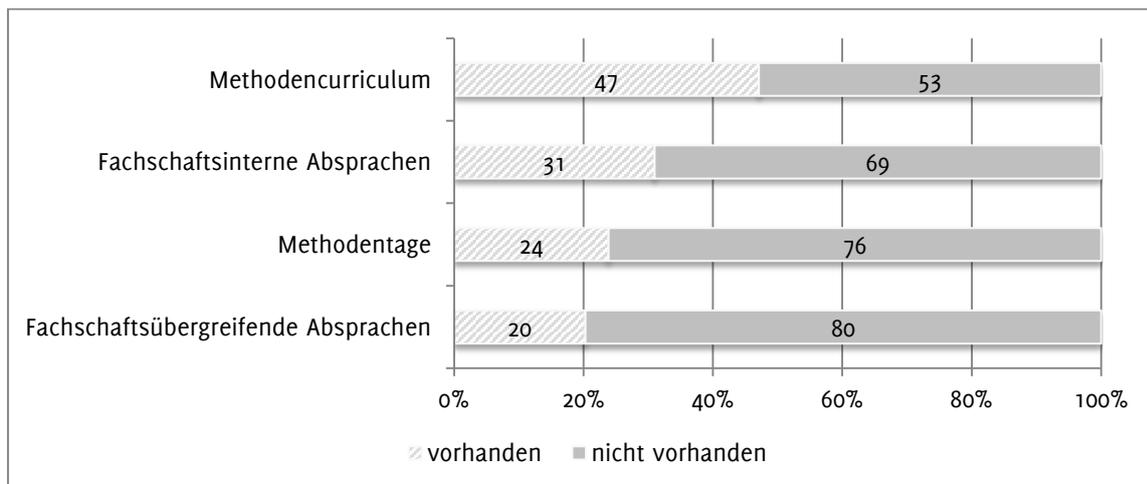


Abbildung 9. Einrichtungen und Maßnahmen an den Schulen (N = 71 Lehrkräfte)

Von den vorgegebenen Einrichtungen und Maßnahmen war ein Methodencurriculum am häufigsten vorhanden. Ungefähr die Hälfte der Befragten gab an, dass diese Einrichtung an ihrer Schule vorhanden ist. Methodentage waren seltener vorhanden (bei jeder vierten Lehrkraft). Fachschaftsinterne Absprachen zur Förderung von Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen wurden von jeder dritten Lehrkraft berichtet, fachschaftsübergreifende von jeder fünften.

Ergänzende Berechnungen zu Gruppenunterschieden

Tabelle 21. Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelitems zu den Unterrichtspraktiken im Bereich der Diagrammkonstruktion nach Forschungserfahrung und Ergebnisse der *t*-Tests

Item	For- schungserf.	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Schüler/innen zeichnen Diagramme von der Tafel ab.	ja	41	2.61	.83	.440	68	.661	.10
	nein	29	2.52	.91				
Schüler/innen stellen vorgegebene Daten in einem Diagramm dar.	ja	41	2.78	.61	.145	68	.885	.03
	nein	29	2.76	.64				
Schüler/innen stellen ihre Hypothesen zu einem biologischen Sachverhalt/Zusammenhang in Form von Diagrammen dar.	ja	41	2.22	.82	.249	68	.804	.06
	nein	29	2.17	.71				
Schüler/innen stellen selbst gesammelte Daten in einem Diagramm dar.	ja	41	2.73	.78	.727	67	.470	.18
	nein	29	2.59	.78				
Schüler/innen diskutieren in Gruppen über selbst erstellte Diagramme.	ja	41	2.27	.84	1.441	68	.154	.35
	nein	29	1.97	.91				
Schüler/innen überarbeiten selbst erstellte Diagramme basierend auf Feedback von Klassenkameraden.	ja	41	2.00	.84	2.069	68	.042	.50
	nein	29	1.62	.62				
Schüler/innen erstellen Diagramme am Computer.	ja	41	2.00	.81	1.994	68	.050	.48
	nein	29	1.66	.55				

Tabelle 22. Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelitems zu den Unterrichtspraktiken im Bereich der Diagrammkonstruktion nach Geschlecht und Ergebnisse der *t*-Tests

Item	Geschlecht	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Schüler/innen zeichnen Diagramme von der Tafel ab.	weiblich	39	2.56	.85	-.144	69	.886	.04
	männlich	32	2.59	.87				
Schüler/innen stellen vorgegebene Daten in einem Diagramm dar.	weiblich	39	2.82	.56	.879	59	.383	.15
	männlich	32	2.69	.69				
Schüler/innen stellen ihre Hypothesen zu einem biologischen Sachverhalt/Zusammenhang in Form von Diagrammen dar.	weiblich	39	2.05	.79	-1.588	69	.117	.38
	männlich	32	2.34	.75				
Schüler/innen stellen selbst gesammelte Daten in einem Diagramm dar.	weiblich	39	2.71	.72	.560	68	.577	.57
	männlich	32	2.61	.84				
Schüler/innen diskutieren in Gruppen über selbst erstellte Diagramme.	weiblich	39	2.23	.96	.965	69	.338	.13
	männlich	32	2.03	.74				
Schüler/innen überarbeiten selbst erstellte Diagramme basierend auf Feedback von Klassenkameraden.	weiblich	39	1.82	.79	-.125	69	.901	.03
	männlich	32	1.84	.77				
Schüler/innen erstellen Diagramme am Computer.	weiblich	39	1.74	.72	-1.500	69	.138	.36
	männlich	32	2.00	.72				

Tabelle 23. Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelitems zu den Unterrichtspraktiken im Bereich der Diagrammkonstruktion nach Zweitfach und Ergebnisse der t-Tests

Item	Zweitfach	n	M	SD	t	df	p	d
Schüler/innen zeichnen Diagramme von der Tafel ab.	0	42	2.56	.85	-.144	69	.886	.04
	1	29	2.59	.87				
Schüler/innen stellen vorgegebene Daten in einem Diagramm dar.	0	42	2.82	.56	.879	59	.383	.21
	1	29	2.69	.69				
Schüler/innen stellen ihre Hypothesen zu einem biologischen Sachverhalt/Zusammenhang in Form von Diagrammen dar.	0	42	2.05	.79	-1.588	69	.117	.38
	1	29	2.34	.75				
Schüler/innen stellen selbst gesammelte Daten in einem Diagramm dar.	0	41	2.71	.72	.560	68	.577	.13
	1	29	2.61	.84				
Schüler/innen diskutieren in Gruppen über selbst erstellte Diagramme.	0	42	2.23	.96	.965	69	.338	.23
	1	29	2.03	.74				
Schüler/innen überarbeiten selbst erstellte Diagramme basierend auf Feedback von Klassenkameraden.	0	42	1.82	.79	-.125	69	.901	.03
	1	29	1.84	.77				
Schüler/innen erstellen Diagramme am Computer.	0	42	1.74	.72	-1.500	69	.138	.36
	1	29	2.00	.72				

Kodierung Zweitfach: 0 = kein mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach, 1 = mathematisch-naturwissenschaftliches Zweitfach

Tabelle 24. Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen im Bereich Erstellen nach Geschlecht und Ergebnisse der t-Tests

Skala	Geschlecht	n	M	SD	t	df	p	d
Explizites Üben	weiblich	39	3.11	.56	-.317	69	.752	.07
	männlich	32	3.15	.53				
Vermittlung von Strategien	weiblich	39	3.16	.53	2.139	69	.036	.46
	männlich	32	2.92	.51				
Schwierigkeit	weiblich	39	1.97	.61	1.447	69	.153	.35
	männlich	32	1.77	.54				
Motivation	weiblich	37	2.84	.77	-.761	66	.449	.19
	männlich	32	2.97	.60				

Dank

Mein herzlicher Dank gilt allen Menschen, die diese Arbeit begleitet und unterstützt haben. Meinem Betreuer, Prof. Dr. Helmut Prechtel, danke ich, dass er mir diese Promotion ermöglicht hat und auf dem gesamten Weg stets hinter mir stand. Prof. Dr. Ilka Parchmann danke ich für die Übernahme des Koreferats, die wertschätzenden und konstruktiven Gespräche und das Vertrauen in meine Arbeit. Bei Prof. Dr. Claudia Nerdel bedanke ich mich für die fachliche Betreuung und freundliche Unterstützung in der Anfangsphase meiner Promotion.

Mein großer Dank gilt zudem den vielen hilfsbereiten Potsdamer und Kieler Kolleginnen und Kollegen, die die Zeit der Promotion mit Leben gefüllt haben und mir mit Rat und Tat zur Seite standen. Besonders bedanken möchte ich mich bei Sandra, von der ich viel gelernt habe, bei Krissi, Mareike und Ingrid, bei Mirjam und Melanie für ihre konstruktiven Ratschläge zum Endspurt und schließlich bei Anneke für Leichtigkeit und Tiefsinn bei Sonnen- und Regengesprächen.

Ein Dankeschön auch an die Hilfskräfte, die mir bei der Dateneingabe geholfen haben, allen voran Colleen Eschricht.

Ohne die engagierten Lehrkräfte und ihre Klassen, die dieses Projekt unterstützt haben, wäre meine Promotion nicht möglich gewesen. Ich danke allen Befragten herzlich dafür, dass sie sich die Zeit genommen haben, Fragebögen auszufüllen und Gespräche mit mir zu führen.

Schließlich danke ich meinen Geschwistern, meinen Eltern und meiner Oma, meinen Freunden, insbesondere Jana und Ines, sowie meinem Freund Mathis für die Unterstützung, den Rückhalt und den Glauben an mich.

Publikationen

Enzingmüller, C., v. Kotzebue, L., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2014). Diagramme als Lern- und Lehrmittel im Fach Biologie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* (MNU), 67, 493-494.

Enzingmüller, C., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2012). Lehrerüberzeugungen zur Fachsprache im Biologieunterricht. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner, & S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 183-194). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Nitz, S., Enzingmüller, C., Prechtel, H., & Nerdel, C. (2011). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht – eine empirische Untersuchung zur Einstellung angehender Lehrkräfte. *Unterrichtswissenschaft*, 39(3), 245-262.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Dissertation – abgesehen von der Beratung durch Betreuende – nach Inhalt und Form meine eigene Arbeit ist. Die Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden. Sie hat weder im Ganzen noch zum Teil an anderer Stelle im Rahmen eines Promotionsverfahrens vorgelegen. Ein Teil der Ergebnisse dieser Arbeit wurde bereits in Form von Veröffentlichungen oder Kongressbeiträgen publiziert.

Kiel, den _____

Carolin Enzingmüller