

LENA VON KOTZEBUE UND CLAUDIA NERDEL

Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen

Biology teachers' professional knowledge on handling with diagrams

ZUSAMMENFASSUNG

Der sach- und adressatengerechte Umgang mit naturwissenschaftlichen Diagrammen ist ein wichtiges Merkmal der fachspezifischen Unterrichtsqualität. Auf Basis der Literatur zur Diagrammkompetenz und Lehrerprofessionalität werden zu den Dimensionen des Professionswissens (pädagogisches Wissen, Fachwissen, fachdidaktisches Wissen) Fähigkeiten und Fertigkeiten herausgearbeitet, die (angehende) Biologielehrkräfte beherrschen sollten, um für Schüler Diagramme im Unterricht lernwirksam einsetzen zu können. Um diese Fähigkeiten und Fertigkeiten zu operationalisieren und damit messbar zu machen, wird in einer Studie ein fachspezifisches Testinstrument entwickelt und geprüft. Die Ergebnisse dieses Fachwissenstests, die sich in inhaltliches und methodisches Fachwissen untergliedern, werden berichtet und diskutiert.

Schlüsselwörter: Lernen mit Diagrammen, naturwissenschaftlicher Unterricht, Professionswissen

ABSTRACT

The appropriate and target group related analysis or construction of scientific graphs is a characteristic trait of the improvement of the subject-specific quality of teaching and learning. Based on the current literature on diagrammatic knowledge and teacher professionalism, graph-specific skills of the professional knowledge dimensions (pedagogical knowledge, content knowledge, pedagogical content knowledge) were identified. (Future) biology teachers should learn to use such graphs in their lessons more efficiently by having a sound knowledge of these rules for the construction and interpretation of diagrams mentioned above. In addition to the identification of these skills, we are developing and checking subject-specific tests to be able to measure and operationalize these abilities. The results of the test on the content knowledge, which is divided in expert knowledge and methodological knowledge will be presented and discussed.

Keywords: learning with graphs, science education, professional knowledge

1 Einleitung

Im heutigen Medienzeitalter wird die visuelle Lesefähigkeit (*visual literacy*) immer bedeutsamer und kann zu den Schlüsselkompetenzen gezählt werden (Felbrich, 2005; Zacks, Levy, Tversky & Schiano, 2002). Dabei stellt der Umgang mit Diagrammen sowohl im wissenschaftlichen als auch im schulischen Kontext eine wichtige Fähigkeit dar. Eine Analyse von Publikationen im Bereich der Ökologie zeigte beispielsweise, dass auf zehn Seiten durchschnittlich 14 Diagramme abgebildet wurden (Roth, Bowen & McGinn, 1999). Die bildungspolitische Relevanz von diesen ubiquitär verbreiteten visuellen Repräsentationen wird an verschiedenen Stellen deutlich. Internationale Bildungsstudien stellen den sachgerechten Umgang mit Graphiken, zu denen Diagramme zählen, als Bestandteil der naturwissenschaftlichen Kompetenz heraus (Bowen & Roth, 2005; Deutsches PISA-Konsortium, 2000; Padilla, McKenzie & Shaw, 1986). Bei PISA 2000 wurden zur Messung der Lesekompetenz Aufgaben aufgenommen, die Informationsentnahme aus Diagrammen und Tabellen sowie die Interpretation von Graphen verlangten (Artelt et al., 2001). Elf Prozent der Lesekompetenzaufgaben bei PISA beziehen sich auf das Lesen von Graphen bzw. Diagrammen (Busse, 2005). Beachtlich erscheint ebenso der hohe Prozentanteil der Schulstunden und der Hausaufgaben, in denen instruktionale Bilder (sowohl realistische, z. B. Photographien, als auch logische Bilder wie Linien- und andere Diagramme) verwendet werden.

Biologie-, Geographie- und Deutschlehrer¹ schätzten, dass in ca. 50 % ihres Unterrichts und in etwa einem Drittel ihrer Hausaufgaben auf die Verwendung von instruktionalen Bildern zurückgegriffen wird (Schroeder et al., 2011).

Die Fähigkeit, sachgerecht mit Diagrammen umzugehen, ist auch in den Bildungsstandards für die Naturwissenschaften (KMK, 2005), sowie in den an sie angepassten Lehrplänen verankert: für die neue Aufgabenkultur des bayerischen G8-Abiturs² stellt das Arbeiten mit Materialien wie Texten, Diagrammen und Abbildungen ein wesentliches Kennzeichen dar.

Da Diagramme keine intuitiv verständliche Repräsentationen sind (Dreyfus & Eisenberg, 1990), werden sie häufig nur unzureichend verstanden und nicht effektiv genutzt (Felbrich, 2005). Viele Schüler haben Schwierigkeiten, die Aussage von Diagrammen zu erfassen und generieren fachlich nicht angemessene Konzepte über ihre Interpretation (Baumert, Bos & Lehmann, 2000; Baumert, Stanat, Demmrich, 2001; Mautone & Mayer, 2007). Selbst gymnasiale Oberstufenschüler verfügen häufig nicht über ein ausreichendes Verständnis des Koordinatensystems und seiner Darstellungen, um es in verschiedenen Domänen flexibel einzusetzen. Defizite im Diagrammverständnis werden vor allem bei Aufgaben deutlich, bei denen inhaltliches Wissen vorhanden sein muss, das

1 Zur einfacheren Darstellung werden in diesem Artikel immer die männlichen Bezeichnungen verwendet, diese beziehen sich aber immer auf das weibliche und das männliche Geschlecht.

2 Siehe: <http://www.isb.bayern.de/>

in die Interpretation des Diagramms einbezogen wird (McDermott, Rosenquist & van Zee, 1987). Mathematisches Wissen kann folglich nicht problemlos auf einen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereich transferiert werden (Felbrich, 2005). Um die Verständnisschwierigkeiten zu beseitigen und die Vorteile nutzen zu können, die Diagramme im naturwissenschaftlichen Unterricht als Lehr- und Lernmittel bieten, muss ein adäquates Unterrichtsangebot von Lehrkräften gestaltet werden und der Umgang mit Diagrammen sach- und adressatengerecht geübt werden (u. a. Lachmayer, 2008). Die Fähigkeit, instruktionale Bilder zu interpretieren, wurde allerdings lange Zeit nicht als wichtiges Ziel erkannt (Houghton & Willows, 1987; McElvany et al., 2009; Seufert, 2003) und die Text-Bild-Integration und ihre didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten infolgedessen nicht explizit in der deutschen Lehrerbildung vermittelt. Vielen Fachlehrkräften ist oft nicht bewusst, dass ihre Schüler Probleme beim Umgang mit Diagrammen in ihren Unterrichtsfächern haben könnten (Schroeder et al., 2011). Lehrkräfte in der Sekundarstufe I verfügen nur über schwache bis moderate diagnostische Fähigkeiten, die Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern einzuschätzen (McElvany et al., 2009). Ausgehend von diesen Beobachtungen möchten wir ein Modell der erforderlichen fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen zum Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht vorschlagen, dieses empirisch überprüfen und auf seiner Basis evidenz-

basierte Vorschläge zur Integration dieser wichtigen Repräsentationsform und ihrer Vermittlung für die naturwissenschaftsdidaktische Lehrerbildung unterbreiten. Der Bericht über die Modellentwicklung und die ersten empirischen Arbeitsschritte ist Gegenstand dieses Artikels.

2 Theoretischer Hintergrund: Diagramme in der Lehrerbildung

Die Verarbeitung von Diagrammen ist ein komplexer Vorgang, bei dem der Leser verschiedene Kompetenzen benötigt. Neben den Fähigkeiten Informationen aus Diagrammen entnehmen bzw. Diagramme erstellen zu können, benötigen Lehrkräfte auch fachdidaktische Fähigkeiten, um ihren Schülern den zielführenden Umgang mit diesen logischen Bildern zu vermitteln.

2.1 Begriffsbestimmung & Strukturmodelle zum Umgang mit Diagrammen

Repräsentationen werden in interne und externe unterteilt, wobei das gemeinsame Kennzeichen darin besteht, dass eine Repräsentation, als Objekt oder Ereignis für etwas anderes steht, es somit also repräsentiert (Peterson, 1996; Schnotz & Banert, 1999). Externe Repräsentationen können in verbale (z. B. Texte), bildliche (realistische, z. B. Fotografien, und logische Bilder, z. B. Schemazeichnungen und Diagramme) und symbolische (z. B. chemische Reaktionsgleichungen) Dar-

stellungsformen unterschieden werden. Texte erhalten ihre Bedeutung nur durch Konventionen. Diese Art der Darstellung wird *deskriptionale Repräsentation* genannt (Schnotz, 2001, 2002). Bei *depiktionalen Repräsentationen* (Schnotz, 2001, 2002), also bildlichen Darstellungen, besteht eine Ähnlichkeit zwischen dem realen Objekt und der dazugehörigen Darstellung (z. B. Fotografie). Während sich bei Bildern diese Übereinstimmung in der Struktur an Parametern wie Größe oder Farbe festmacht, besteht die Analogie zwischen Diagrammen und dem durch sie repräsentierten Gegenstand auf einer abstrakten Ebene durch gemeinsame Strukturmerkmale (Schnotz, 2002). „Logische Bilder repräsentieren einen Sachverhalt nicht aufgrund von äußerer Ähnlichkeit, sondern besitzen ähnlich wie Symbole eine arbiträre Struktur, die in hohem Maße konventionalisiert ist“ (Schnotz 1994, S. 108). Der Aufbau eines Diagramms³ (Abszisse, Ordinate, Skalen und Graph) muss demnach erlernt werden, um methodisch korrekt und domänenübergreifend mit ihnen umgehen zu können.

Nach dem *Integrativen Modell der Text- und Diagrammverarbeitung* (u. a. Schnotz, 2001; Schnotz & Bannert, 2003) wird ein Text in einer propositionalen Repräsentation gespeichert, während ein Bild oder Diagramm als mentales Modell in das Arbeitsgedächtnis eingeht (Schnotz, 2001). Allerdings sind diese beiden mentalen

Repräsentationen nicht strikt getrennt, sondern können ineinander umgewandelt werden. Eine Umwandlung von einer propositionalen Repräsentation in ein mentales Modell wird als *Modellkonstruktion* bezeichnet, die umgekehrte Operation als *Modellinspektion*. Man geht davon aus, dass beim Verstehen von Texten und Bildern bzw. Diagrammen jeweils *depiktionalen* und *deskriptionalen Repräsentationen* gebildet werden (Schnotz, 2006). Ferner wird angenommen, dass diese mentalen Repräsentationen auch von vorhandenen kognitiven Schemata über Diagramme und thematischem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis beeinflusst werden können (Schnotz, 2001 in Anlehnung an Pinker, 1990). Diagrammschemata enthalten Wissen darüber, wie Informationen in Diagrammen gespeichert sind und wie sie ihnen entnommen werden und sind nötig, um an visuell-räumlichen Konfigurationen Informationen über den dargestellten Gegenstand ablesen zu können (Lohse, 1993; Pinker, 1990; Schnotz, 2001; Schnotz & Bannert, 1999).

Von diesem Modell ausgehend wurde ein Kompetenzstrukturmodell zum Umgang mit Diagrammen im Biologieunterricht vorgeschlagen (Lachmayer, Nerdel & Pechtl, 2007), das aus drei Komponenten besteht. In Anlehnung an Bertin (1974) wird die erste Komponente, die *Informationsentnahme*, in die Bereiche Identifizierung und Ablesen eingeteilt (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007). Nach dem Integrativen Modell der Text- und Diagrammverarbeitung, bildet der Leser bei der Informationsentnahme die analogen Strukturen des Diagramms zunächst in

3 Eine genauere Definition des Begriffs *Diagramm* findet sich u.a bei Lachmayer (2008) und bei Schnotz (1994). In unserer Studie liegt der Fokus auf der Betrachtung des Umgangs mit Säulen- und Liniendiagrammen.

einem mentalen Modell ab, das anschließend über den Prozess der Modellinspektion in eine propositionale Repräsentation überführt wird. Durch die Analyse von Symbolstrukturen generiert der Leser daraus einen Text. Die zweite Komponente *Konstruktion* wird in die zwei Unterkomponenten Aufbau des Rahmens und Dateneintrag unterteilt. Bei der *Konstruktion* laufen die mentalen Prozesse in die Gegenrichtung ab: durch die Analyse von Symbolstrukturen eines Textes wird eine propositionale Repräsentation gebildet, die durch Modellkonstruktion in ein mentales Modell überführt wird, aus dem aufgrund der Abbildung analoger Strukturen ein Diagramm entsteht.

Der Bezug von zwei oder mehrerer Repräsentationsarten aufeinander erfordert die *Integration* in eine gemeinsame mentale Repräsentation (Schnotz, 2001), was eine besondere Anforderung an den Leser darstellt (Ainsworth, 1999). Einerseits macht das notwendige eigenständige Erkennen der Informationen, die aus dem Diagramm abzulesen bzw. in ein Diagramm einzutragen sind, sie zu einer anspruchsvollen Aufgabe für den Schüler (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007). Andererseits kann man aber von einem hohen Potential für den Wissenserwerb ausgehen (s. Multimedia-Effekt bei Mayer, 2003). Es können zwei Arten von Integration unterschieden werden: bei einer informationsentnahmenahen Integration müssen Informationen aus Text und Diagramm aufgefunden und verknüpft in einem Text, bei der konstruktionsnahen Integration dagegen in einem Diagramm dargestellt werden (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007).

2.2 Diagrammspezifisches Professionswissen von Lehrkräften

„Der Begriff Professionswissen bezieht sich auf alle theoretisch fundierten Wissensbestandteile, die im Rahmen der Ausbildung und unterrichtlichen Praxis von Lehrkräften erworben werden können“ (Clandinin & Connelly, 1995 zitiert nach Borowski, Neuhaus, Tepner, Wirth, & Fischer, 2010, S.168).

Als Professionswissen der Lehrkraft haben sich nach Shulman (1986) drei Komponenten praktisch durchgesetzt: pädagogisches Wissen, Fachwissen und fachdidaktisches Wissen (u. a. Borko & Putnam, 1996; Helmke, 2009; Lipowsky, 2006; Munby, Russell & Martin, 2001). Für einen erfolgreichen Unterricht stellt das Professionswissen eine bedeutsame Einflussvariable dar (u. a. Borowski et al., 2010; Schmelzing, Wüsten, Sandmann & Neuhaus, 2008), weil es neben den Einstellungen und Orientierungen, den selbstregulativen und motivationalen Aspekten einen Kernbereich der Lehrerexpertise darstellt (Schmelzing et al., 2008). Im Folgenden wird neben den einzelnen Dimensionen des Professionswissens insbesondere auf das fachspezifische Wissen von Biologielehrkräften eingegangen, um sach- und adressatengerecht mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht umgehen zu können.

Unter *pädagogischem Wissen* (engl.: *pedagogical knowledge*, PK) versteht man deklaratives und prozedurales Professionswissen, das für den effektiven Unterrichtsablauf und für die Aufrechterhaltung eines lernförderlichen sozialen Klimas in

der Klasse unabhängig vom Unterrichtsfach wesentlich ist (Bromme, 1997; Krauss et al., 2008). Dazu zählt u. a. Wissen über Prinzipien der Klassenführung, allgemeine Instruktionsprinzipien und Lernprozesse (Grossmann, 1990).

Das *Fachwissen* (engl.: *content knowledge*, CK) ist Voraussetzung für einen erfolgreichen Fachunterricht (Ball, Lubienski & Mewborn, 2001). Dieses kann als vertieftes Hintergrundwissen über die Inhalte des Schulstoffs verstanden werden (Borowski & Tepner, 2009; Krauss et al., 2011). Im Zusammenhang des Umgangs mit Diagrammen unterteilen wir das Fachwissen der Lehrkraft in zwei Bereiche, das inhaltliche und das methodische Fachwissen. Während sich das inhaltliche Fachwissen auf ein fundiertes Wissen über das naturwissenschaftliche Themengebiet der Diagrammaufgabe bezieht (Fachwissen im oben genannten Sinne), ist unter dem methodischen Wissen der sachgerechte Umgang mit Diagrammen im Hinblick auf die *visual literacy*, also der Fähigkeit, visuelle Repräsentationen, hier speziell logische Bilder, lesen, anwenden und selbst erstellen zu können. Das methodische Fachwissen bezieht sich somit auf die Beherrschung der drei Komponenten der Diagrammkompetenz (s. Kap. 2.1).

Das *fachdidaktische Wissen* (engl.: *pedagogical content knowledge*, PCK) definiert Shulman als „blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, problems, or issues are organized, represented, and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and presented for instruction“ (Shulman, 1987, S.8). Es stellt somit eine Verschmel-

zung von Fachwissen und pädagogischem Wissen dar. Fachdidaktisches Wissen wird in der Theorie sehr unterschiedlich interpretiert, was zur Folge hat, dass es eine Vielzahl von Bedeutungen gibt (Park & Oliver, 2008). Der typische Weg der Forscher fachdidaktisches Wissen zu identifizieren, ist die Modifikation von Shulmans Definition. Ein weiterer häufig verwendeter Weg der Konzeptualisierung von fachdidaktischem Wissen ist dessen verschiedene Komponenten zu identifizieren und es als eine Integration dieser Komponenten zu sehen. Park & Oliver (2008) und Van Driel, Verloop & de Vos (1998) fassen für die Naturwissenschaften verschiedene Ansätze zur Beschreibung von PCK zusammen, wobei das Wissen über Schülerkognitionen sowie über Lehrstrategien und Darstellungsformen, i.e. fachspezifische instruktionale Gestaltung, in fast jedem Beschreibungsansatz vorhanden ist. Krauss et al. (2008) erweitern das fachdidaktische Wissen (für die Mathematik) noch um weitere Komponenten: das Wissen über das kognitive Potential von Mathematikaufgaben und das Wissen über die Auswahl und Anordnung von Aufgaben.

In Anlehnung an die COACTIV-Studie (u. a. Brunner et al., 2006) werden in unserem Projekt die drei Facetten des fachdidaktischen Wissens a) Wissen über Schülerkognitionen, b) Wissen über Aufgaben und c) Wissen über fachspezifische instruktionale Gestaltung und Unterrichtsstrategien betrachtet.

a) Wissen über Schülerkognitionen. Für eine vielseitige Unterrichtsgestaltung be-

nötigt die Lehrkraft Kenntnisse über typische inhaltliche Schülerkognitionen (Matz, 1982). Um Fehler erkennen und korrigieren zu können ist Fachwissen erforderlich (Baumert & Kunter, 2006). In Bezug auf den Umgang mit Diagrammen im Unterricht wird inhaltliches und methodisches Fachwissen benötigt (s. Kap. 2.2). Zusätzlich bedarf es fachdidaktischer Kenntnisse über Schülervorstellungen bzgl. des inhaltlichen Themas und über fachlich nicht angemessene Konzepte beim methodischen Umgang mit Diagrammen, wie die Achsenbelegung oder die Beibehaltung einer ansteigenden Funktion für alle linearen Graphen. Der Lehrer muss „Schülerfehler erkennen, konzeptuell einordnen und analysieren können“ damit diese Schwierigkeiten „als eine didaktische Chance für verständnisvolles Lernen“ nutzbar gemacht werden können (Brunner et al. 2006, S.65).

b) Wissen über Aufgaben. Als wichtige Kennzeichen für das Bereitstellen von Lerngelegenheiten für die jeweiligen Zielbereiche dienen Aufgaben (Bromme, Seeger & Steinbring, 1990; Bromme; 1997; Krauss et al., 2004; Walther, 1985). Durch die Auswahl, dessen Sequenzierung und Bearbeitungsweise strukturieren Aufgaben den Unterricht (Neubrand, 2002). Für einen adäquaten Einsatz von Aufgaben ist Wissen um deren kognitives Potential nötig. Lehrkräfte sollten die zur Aufgabenbearbeitung nötigen Kompetenzen einschätzen und zudem die Aufgabenschwierigkeit erkennen und begründen können. Ferner sollte ihnen der Zugewinn durch den Einsatz von Dia-

grammen bei bestimmten Aufgaben im Vergleich zu anderen Darstellungsweisen bewusst sein.

c) Wissen über fachspezifische instruktionale Gestaltung und Unterrichtsstrategien. Studien zur Unterrichtsqualität, heben die Lernerfolgssteigerung durch das Merkmal „Klarheit der Instruktion“ als wichtigstes Gütekriterium von Unterricht hervor (Gonschorek & Schneider, 2005; Weinert & Helmke, 1997). Eine klare Strukturierung setzt sich zusammen aus der Klarheit der Prozessstruktur und der inhaltlichen Klarheit des Unterrichts (Meyer, 2004). Ein roter Faden wird im Unterricht u.a. daran sichtbar, dass Ziele, Inhalte und Methoden stimmig gewählt werden und zwischen ihnen eindeutige Wechselwirkungen nachvollziehbar sind. Für den Umgang mit Diagrammaufgaben kommt dem Kriterium „klare Strukturierung“ eine besondere Bedeutung zu, da es aufgrund der vielen zu beachtenden Schritte zu Orientierungsschwierigkeiten und inhaltlicher Überforderung der Lernenden kommen kann. Durch Strukturierungshilfen (Prechtel & Nerdel, 2002) in Text oder Bildform oder durch spezifische Lesestrategien wird ihnen eine sinnvolle Reihenfolge vorgegeben, um eine Diagrammaufgabe zu bearbeiten. Dies soll verhindern, dass Lernende zu schnell die Aufgaben überfliegen und manche Schritte, die zur vollständigen Lösung notwendig sind, übersehen.

3 Forschungsansatz

3.1 Empirische Validierung eines Modells für das Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Der Umgang mit Diagrammen ist für Schüler äußerst relevant, da Diagramme sehr häufig im Alltag, im Unterricht und bei der Hausaufgabenbearbeitung vorkommen, jedoch haben sie aufgrund der nicht intuitiv verständlichen Form mit dem Bearbeiten von Diagrammaufgaben Schwierigkeiten (s. Kap. 1). Diagramme unterliegen Konventionen, die als spezielle Kulturtechnik erlernt werden müssen (s. Kap. 2.1). Vor allem im fachlichen, hier biologischen, Kontext muss der Umgang mit Diagrammen aufgrund der fachspezifischen Anforderungen explizit geschult werden. Lachmayer et al. (2007) formulieren ein Modell der Diagrammkompetenz, deren zugehörige Komponenten Lernende beherrschen sollten, um erfolgreich mit Diagrammen im biologischen Kontext umgehen zu können (s. Kap. 2.1). Dieses Modell kann zur Diagnose der methodischen Kompetenzen beim Umgang mit Diagrammen eingesetzt werden und Ansatzpunkte zur Förderung liefern. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Lehrer selber die Komponenten der Diagrammkompetenz und das dazugehörige fachdidaktische Wissen besitzt, um diese zu vermitteln.

Den Lehrern sollte bewusst sein, welche Rolle Repräsentationen für das Lehren und Lernen haben. Sie sollten ihren Schül-

ern vielfältige Gelegenheiten zum aktiven Umgang mit naturwissenschaftlichen Repräsentationen bereitstellen und ihnen schließlich Lernumgebungen bieten, die die Rolle und Funktion von Repräsentationen deutlich macht (Hubber, Tyler & Hastam, 2010; Nitz, Nerdel & Prechtel, 2012). Speziell ist dies für Diagramme zu überprüfen. Daher schlagen wir folgendes theoretisches Modell zum professionellen Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht vor. Die genannten Kompetenzfacetten sind aus unserer Perspektive erforderlich, damit (angehende) Lehrkräfte Diagramme im Biologieunterricht für Schüler lernwirksam einsetzen können (s. Kap. 2.2. und Abb. 1).

Einzelne Facetten der drei Dimensionen des Professionswissens wirken auf den Umgang mit Diagrammen ein. Da die Facetten des fachdidaktischen Wissens „Wissen über Schülerkognitionen, über Aufgaben und über fachspezifische instruktionale Gestaltung und Unterrichtsstrategien“ sich teilweise mit dem Fachwissen und dem pädagogischen Wissen überschneiden, überlappen sich deren Symbole. Ein Lehrer benötigt sowohl Fachwissen als auch fachdidaktisches Wissen um Schülervorstellungen und Fehler zu erkennen und darauf adäquat reagieren zu können. Ebenso braucht die Lehrkraft pädagogisches Wissen über allgemeine Instruktionsprinzipien und Lernprozesse, um spezifische fachdidaktische Strategien erfolgreich in ihrem Unterricht einzusetzen. Diese postulierten Zusammenhänge sollen durch unsere empirischen Untersuchungen validiert und näher spezifiziert werden.

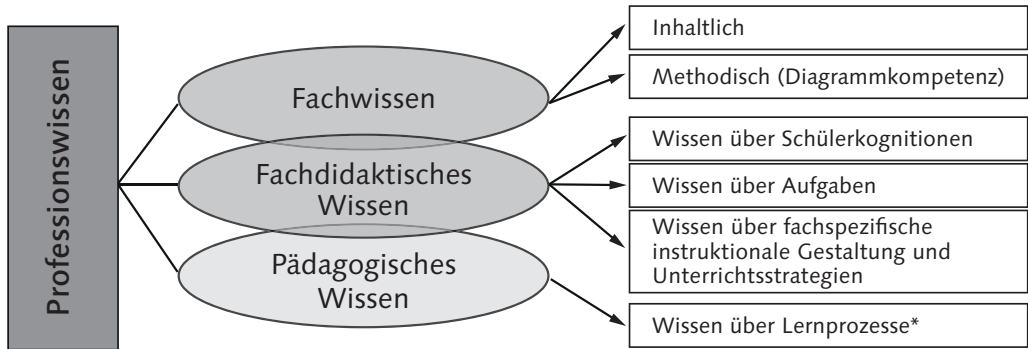


Abb. 1. Professionswissen von Lehrkräften zum Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. (Die mit * gekennzeichnete Facette wird nicht explizit erhoben).

3.2 Fragestellung

Es stellt sich die Frage, inwieweit (angehende) Biologielehrkräfte über Fähigkeiten und Fertigkeiten in den genannten Facetten des Professionswissens zum Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht verfügen. Bei Lehramtsstudierenden ist ferner von Interesse, ob diese Kompetenzen durch fachbezogene und fachdidaktische Lehrveranstaltungen im Verlauf des Studiums beeinflusst werden.

Ausgehend von dem dargelegten theoretischen Modell des Professionswissens (angehender) Biologielehrkräfte zum Umgang mit Diagrammen (s. Kap. 3.1) werden in unserem Projekt prioritär die Komponenten Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sowie deren Wechselwirkungen empirisch untersucht. Zurzeit gibt es keine geeigneten Testinstrumente, die diese Komponenten des Professionswissens bezogen auf einen definierten biologischen Themenbereich und die Re-

präsentation Diagramm untersuchen. Unser erstes Anliegen war es daher, einen biologisch inhaltlichen und diagrammmethodischen Wissenstest zu entwickeln, der eine valide Diagnose dieses Fachwissens bei angehenden Lehrkräften zulässt.

4 Methoden zur Validierung des Fachwissenstest

4.1 Stichprobe

An der Datenerhebung zur Validierung des Fragebogens zum Fachwissen mit seinen beiden Facetten haben $N=218$ Studierende verschiedener biowissenschaftlicher Studiengänge sowie des Biologielehramts der Technischen Universität München teilgenommen. 92% der Probanden befanden sich im ersten Studiensemester, der Rest in höheren Semestern der Bachelorstudiengänge. Die Erstsemester markieren für unsere künftigen Untersuchungen einen

wichtigen Ausgangspunkt für das fachliche Wissen zum Umgang mit Diagrammen, weil davon auszugehen ist, dass die entsprechenden Kompetenzen aufgrund des Messzeitpunkts nur im schulischen Kontext erworben worden seien können. Anhand dieser Baseline können perspektivisch Entwicklungen im Lehramtsstudium durch quasi-längsschnittliche Vergleiche ermittelt werden. Der jüngste Proband war 17, der älteste 30 Jahre alt. Das durchschnittliche Alter der Studierenden lag bei $M=20$ Jahren ($SD=1,92$ Jahre). 56% der Stichprobe waren weiblich. Aufgrund der Zusammensetzung der Stichprobe kann davon ausgegangen werden, dass es sich zu der von uns ausgewählten Thematik vorwiegend um Schul- bzw. Abiturwissen handelt.

4.2 Testentwicklung zum Fachwissen

Als ökologisch valider Indikator für die didaktische Eignung von Diagrammen als typische Repräsentation eines Themengebiets wurde die Häufigkeit ihrer Verwendung in Schulbüchern und Abituraufgaben (Analyse der bayerischen Abituraufgaben im Fach Biologie von 2004-2010 sowie der Lehrwerkereihen Netzwerk Biologie (Schroedel Verlag) und Natura (Klett Verlag)) herangezogen und gerankt. Unsere Analyse ergab, dass am häufigsten Diagrammaufgaben bei der Stoffwechselphysiologie und der Ökologie eingesetzt werden. So gab es seit 2004 bei jedem bayerischen Leistungskursabitur mindestens je eine Diagrammaufgabe zu den Themen Stoffwechselphysiologie und Ökologie.

Die Themenbereiche sind auch deswegen gut für empirische Untersuchungen geeignet, weil sie sowohl vertikal als auch horizontal in den Lehrplänen der Unter-, Mittel- und Oberstufe⁴ stark vernetzt sind. Die Stoffwechselphysiologie wurde auf das Thema Fotosynthese fokussiert und ist damit auch anschlussfähig an eigene Untersuchungen (z. B. Nerdel, 2003; Nitz, Nerdel & Prechtel, 2012).

Biologisches Fachwissen (FW)

Zur Überprüfung des biologischen Fachwissens zur Fotosynthese wurde eine Skala mit sieben Multiple-Choice-Items in Anlehnung an Nerdel (2003) entwickelt. Jede der sieben Fragen hatte vier Antwortoptionen und somit eine Ratewahrscheinlichkeit von 25 % für die richtige Antwort.

Beispielitem:

Der in der Fotosynthese freigesetzte Sauerstoff stammt aus:

(1) Kohlenstoffdioxid, (2) Kohlenstoffdioxid und Wasser, (3) Glucose, (4) Wasser

Methodisches Wissen zu Diagrammen (MWD)

Zur Überprüfung des kontextfreien und den mathematischen Konventionen entsprechenden Wissens zu Diagrammen wurden zwei offene Aufgaben zur Informationsentnahme und Konstruktion in Anlehnung an Lachmayer (2008) konstruiert (s. Abb. 2). Die Antworten wurden auf der Basis des Modells der Diagrammkom-

⁴ <http://www.isb-gym8-lehrplan.de>

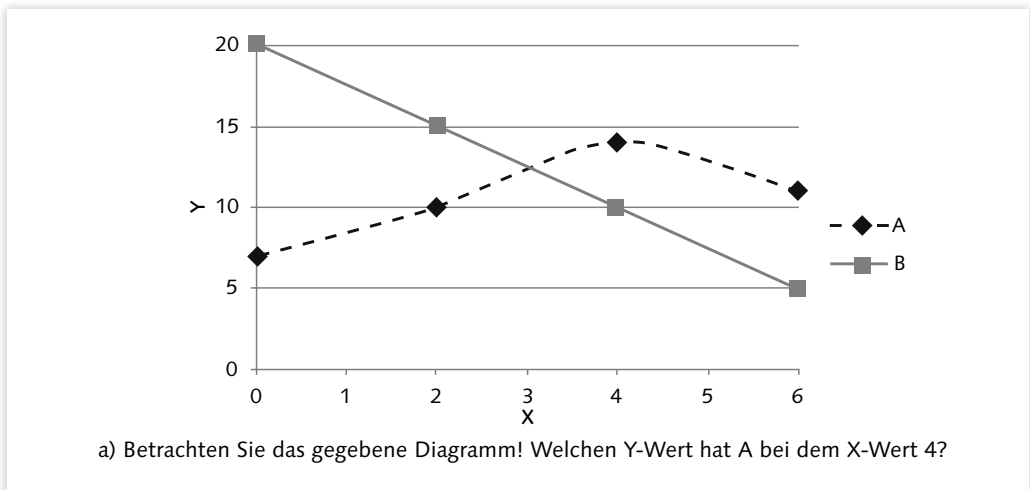


Abb. 2: Beispielitem zum methodischen Wissen zu Diagrammen.

petenz (Lachmayer et al., 2007) und den Indikatoren der Unterkomponenten mit richtig/falsch (1/0) kodiert.

Umgang mit Diagrammen im Kontext der Fotosynthese, Diagrammkompetenz (DK)

Zur Überprüfung der Diagrammkompetenz (Lachmayer, 2008; Lachmayer et al., 2007) im Kontext der Fotosynthese wurden vier offene Aufgaben, zwei zur Konstruktion, eine zur konstruktionsnahen sowie eine zu informationsentnahmenahen Integration (s. Kap. 2.1) neu entwickelt. Auf die erneute Testung der Komponente Informationsentnahme wurde einerseits aus didaktischen andererseits aus testökonomischen Erwägungen verzichtet. Aufgaben zur Informationsentnahme erwiesen sich in den Untersuchungen von Lachmayer (2008) im Mittel als leichter als Konstruktions- oder Integrationsaufgaben. Darüber hinaus sind Letztere in der Lö-

sung aufwendiger, was sich sowohl quantitativ in der Bearbeitungszeit als auch qualitativ in der Komplexität der Aufgabenlösungen widerspiegelt. Insofern weisen wir Konstruktions- und Integrationsaufgaben ein größeres didaktisches Potential für die Lehrerbildung und den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht zu.

Die freien Antworten zu den Konstruktions- und Integrationsaufgaben wurden auf der Basis des Modells der Diagrammkompetenz anhand eines Kodiermanuals mit richtig/falsch (1/0) kodiert. Fünf Prozent des Datenmaterials wurden zur Überprüfung einer konsistenten Bewertung der Aufgabenkategorien doppelt codiert. Die Übereinstimmung der Rater lag bei 98,5%. Die strittigen Fälle wurden kommunikativ validiert und im Kodiermanual präzisiert. So konnte eine vollständige Übereinstimmung erreicht werden. Beispielkategorien werden in Tab. 1 gezeigt.

Tab. 1: Standardisierte Faktorladungen mit Standardfehler für die Indikatoren der fünf latenten Variablen des Regressionsmodells.

		Standardisierte Faktorladung	S.E.
Fachwissen (FW), Prädiktor 1			
FW1KOMP	Kompartiment	0.62	0.09
FW2EDUKT	Edukte	0.68	0.09
FW3PRODU	Produkte	0.42	0.10
FW4O2	Sauerstoffentstehung	0.56	0.10
Methodisches Wissen zu Diagrammen (MWD), Prädiktor 2			
MDW1KWER	Konstruktion, Werte	0.94	0.11
MDW1KTRE	Konstruktion, Trend	0.60	0.10
MDW1KLEG	Konstruktion, Legende	0.44	0.11
MDW1KAB	Konstruktion, Achsenbeschriftung	0.66	0.08
MDW1KSKA	Skalierung	0.67	0.09
MDW2IEWE	Infoentnahme, Werte	0.50	0.12
MDW2IEZU	Infoentnahme, UV und AV	0.35	0.11
Konstruktion (KON), AV 1			
DK1KLEG	Legende	0.64	0.07
DK1KA	Achsenbelegung	0.97	0.05
DK1KAB	Achsenbeschriftung	0.67	0.08
DK1KSKAL	Skalierung	0.72	0.06
DK1KWERT	Werte	0.98	0.03
DK1KTREN	Trend	0.91	0.03
Konstruktionsnahe Integration (INTK), AV 2			
DK2KITRE	Trend	0.94	0.03
DK2KILEG	Legende	0.63	0.07
DK2KIWER	Werte	0.97	0.03
Informationsentnahmenahne Integration (INTIE), AV 3			
DK3IIVTA	Trend	0.61	0.10
DK3IIVTB	Trend	0.82	0.08
DK3IISCH	Trend	0.61	0.09

4.3 Auswertungsmethoden

Die Güte der beschriebenen Konstrukte *Fachwissen* (FW), *Methodisches Wissen zu Diagrammen* (MWD) sowie die Diagrammkompetenz mit ihren drei Komponenten *Konstruktion* (KON), *konstruktionsnahe Integration* (INTK) und *informationsentnahmenähe Integration* (INTIE), wurde zunächst mittels einzelner konfirmatorischer Faktorenanalysen (CFA, Schätzer: WLMSV), in denen diese Konstrukte die einzige latente Variable darstellen, überprüft. Nachfolgend wurden die Zusammenhänge (Korrelationen) zwischen den drei Komponenten der Diagrammkompetenz KON, INTK, INTIE und ihre Vorhersage durch die Prädiktoren FW und MWD (Regression) durch ein gemeinsames Regressionsmodell ermittelt. Pfade mit nicht signifikanten Regressions- und Korrelationskoeffizienten wurden in dem finalen Modell ausgeschlossen und das Gesamtmodell mit dem restringierten Modell anhand der Modellgütekriterien sowie durch einen Chi-Quadrat-Differenztest hinsichtlich des Modellfits verglichen. Ist dieser Differenzwert signifikant, so bedeutet dies, dass das stärker restringierte Modell signifikant schlechter auf die Daten passt als das allgemeinere Modell (Geiser, 2010). Alle Analysen wurden mit MPlus 6.11 durchgeführt und werden nachfolgend berichtet.

5 Ergebnisse

Alle Indikatoren laden signifikant auf der latenten Variable, der sie zugeordnet wur-

den. Die standardisierten Faktorladungen variieren von 0.35 bis 0.98 (s. Tab. 1).

Für das Regressionsmodell wurden theoretisch abgeleitet die fünf oben genannten latenten Variablen definiert, von denen zwei als Prädiktoren und drei als abhängige Variablen des Strukturmodells fungieren. Für die Prädiktoren FW und MWD wurden vier Items (von sieben) bzw. sieben Kategorien (von sieben) als Indikatoren empirisch bestimmt. Die abhängigen Variablen KON, INTK und INTIE werden durch sechs (von sieben), drei (von vier) und drei (von drei) Kategorien als Indikatoren des Modells spezifiziert. Der Ausschluss von Items erfolgte über einzelne CFAs bezogen auf jeweils eine latente Variable. Items mit Faktorladungen kleiner 0.3 wurden verworfen.

Die so validierten latenten Variablen wurden einer Regressionsanalyse unterworfen. Berichtet wird das restringierte Modell (Abb. 4), das gemäß CFI und RMSEA-Vergleich sowie durch einen Chi-Quadrat-Differenztest gleich gut auf die Daten wie das Gesamtmodell passt ($\chi^2(3) = 3.02$, $p = 0.388$). Bei gleicher (bzw. in unserem Fall sogar leicht besserer) Modellgüte ist das sparsamere Modell zur Erklärung der Daten vorzuziehen (Rost 2004, S. 330f.). Die Modellfitwerte des restringierten Regressionsmodells weisen insgesamt gute bis sehr gute Daten auf (s. Tab. 2). Damit kann das Strukturmodell als gültig angenommen werden.

Im Strukturmodell weisen die abhängigen Variablen Konstruktion und die konstruktionsnahe Integration einen starken Zusammenhang auf ($r = 0.51$, $SE = 0.11$). Dagegen korrelieren die Konstruktion und

Tab. 2: Modellfitindices des restringierten und des vollständigen Regressionsmodells

Modellfit	Restringiertes Modell	Gesamtmodell	Vergleichsgrößen ⁵
χ^2	$df=223$ 292.12, $p = 0.0013$	$df=220$ 291.25, $p=0.0009$	
χ^2/df	1.31	1.32	<3 gut <2 sehr gut
CFI	0.97	0.97	$\geq 0,97$
RMSEA 90%-Konfidenzintervall $p(RMSEA \leq 0.05)$	0.038 0.024 – 0.049 0.962	0.039 0.025 – 0.050 0.951	≤ 0.05

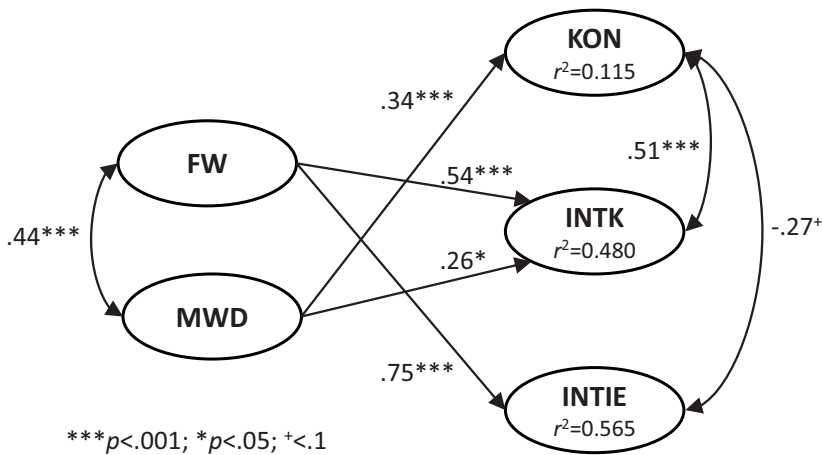


Abb. 3: Restringiertes Regressionsmodell zur Untersuchung des prädiktiven Einflusses der Prädiktoren FW und MWD auf die Diagrammkompetenz mit den latenten Variablen KON, INTK, INTIE. Angegeben sind die β -Regressionskoeffizienten für die Prädiktoren FW und MDW auf latenten abhängigen Variablen KON, INTK, INTIE sowie die Korrelationen zwischen den beiden Prädiktoren und den drei abhängigen Variablen.

die informationsentnahmene Integration schwach negativ ($r = -0.27$, $SE = 0.16$). Zwischen den beiden Prädiktoren Fachwissen und methodisches Wissen zu Diagrammen besteht ebenfalls ein mittlerer Zusammenhang ($r = 0.44$, $SE = 0.11$). Das biologische Fachwissen zur Fotosynthese erweist sich als signifikanter Prädiktor für die beiden latenten abhängigen Variablen konstruktionsnahe Integration ($\beta = 0.54$,

$SE = 0.105$) und informationsentnahmene Integration ($\beta = 0.75$, $SE = 0.092$). Das Fachwissen klärt als alleiniger Prädiktor 56,5% der abhängigen Variable informationsentnahmene Integration auf ($r^2 = 0.565$, $SE = 0.14$). Das methodische

⁵ Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003 zitiert nach Geiser, 2010.

Wissen zu Diagrammen ist Prädiktor für die Konstruktion ($\beta = 0.34$, $SE = 0.09$) und die konstruktionsnahe Integration ($\beta = 0.26$, $SE = 0.11$). Es klärt als einziger Prädiktor 11,5 % der abhängigen Variable Konstruktion auf ($r^2 = 0.115$, $SE = 0.06$). Beide Prädiktoren klären 48 % der abhängigen Variable konstruktionsnahe Integration auf ($r^2 = 0.48$, $SE = 0.09$).

6 Diskussion & Ausblick

Die Komponenten Konstruktion und Integration der Diagrammkompetenz konnten auch durch dieses Regressionsmodell angewendet auf das Thema Fotosynthese bestätigt werden. Des Weiteren gelang die Trennung der Integration in eine konstruktionsnahe (INTK) und eine informationsentnahmenahe (INTIE) latente Variable. Es zeigte sich bei den vorbereitenden Analysen, dass die Modellfits der beiden einzelnen Komponenten besser waren als ein Generalfaktor Integration. Diese mögliche Aufteilung wurde bereits bei Lachmayer (2008) diskutiert, wurde jedoch dort zugunsten des sparsameren Modells mit einer Dimension für die Integration wieder verworfen. Wir werden nachfolgend diese Aufteilung in unseren Analysen beibehalten.

Das wechselseitige aufeinander Beziehen von Text und Diagramm bei der Integration wird substantiell durch das biologische Fachwissen vorhergesagt. Dabei ist textbasierter Output bei der informationsentnahmenahen Integration (INTIE) viel stärker vom Fachwissen bestimmt als ein bildorientierter Output bei der konstruk-

tionsnahen Integration (INTIK) bzw. der Konstruktion selbst (KON). Die wechselseitige Abstimmung der mentalen Repräsentationen, die aus Text und Diagramm resultieren, erfolgt in beide Richtungen (Modellinspektion und Modellkonstruktion s. Kap. 2.1, Schnotz, 2001, 2002) und erfordert ein Verständnis der biologischen Fakten und Zusammenhänge, die in beiden Informationsquellen präsentiert werden. Anhand des integrierten mentalen Modells wird das Diagramm erstellt bzw. über die präpositionale Repräsentation die Aufgabenlösung kommuniziert.

Dagegen ist die Konstruktion von Diagrammelementen (KON, INTK) durch das Wissen um die Konventionen dieser Repräsentationsform geprägt. Die schwächere Vorhersage von INTK durch das rein methodische Fachwissen lässt sich so erklären, dass die zu konstruierenden Elemente bei der konstruktionsnahen Integration sich auf den Eintrag von Daten und Trends beziehen, während wesentliche Teile des Rahmens für die Bearbeitung schon in der Aufgabenstellung gegeben waren. Entsprechend stärker ausgeprägt ist die Vorhersage bei der Konstruktion (KON) durch das methodische Wissen zu Diagrammen (MDW), weil hier der Aufbau des Rahmens eine maßgebliche Rolle spielt, bevor die Daten und Trends eingetragen werden. Dieser Befund ist im Einklang mit Lachmayer (2008).

Denkbar ist auch, dass bei Konstruktion von Diagrammen Informationen auf der Ebene der Textoberflächenrepräsentation schon ausreichend sind, um wesentliche Merkmale eines Diagramms (z. B. die Achsenbelegung und die Skalierung) zu erstellen.

len. So durchbrechen Zahlen im Text als andersartige Symbole möglicherweise den Lesefluss, werden aufmerksamer betrachtet und in die geforderte Repräsentation Diagramm umgesetzt ohne die Details des biologischen Zusammenhangs durchdrungen zu haben.

Das über die dargestellten Analysen revidierte und verkürzte Testinstrument wird nachfolgend zur Bestimmung des Fachwissens zum Umgang mit Diagrammen bei der Folgestudie zum Einsatz kommen. Aktuell wird ein Test zu den Komponenten des fachdidaktischen Wissens entwickelt und derzeit an Lehramtsstudierenden getestet. Die Folgestudie soll dann Erkenntnisse zur Gültigkeit des theoretischen Modells zum Professionswissen (angehender) Lehrkräfte zum Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht liefern und prüfen, welche postulierten Bezügen und Wechselwirkungen sich zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen empirisch nachweisen lassen. Durch eine entsprechende Zusammensetzung der Stichprobe als Quasi-Längsschnitt aus Bachelor- und Masterstudierenden und Lehrkräften erwarten wir auch Hinweise darauf, ob sich diese Fähigkeiten und Fertigkeiten im Verlauf des Studiums und der Berufstätigkeit verändern. Für die Analysen werden wiederum Strukturgleichungsmodelle zum Einsatz kommen.

Literatur

- Ainsworth, S. E. (1999). A functional taxonomy of multiple representations. *Computers and Education*, 33, 131–152.
- Artelt, C., Baumert J., Klieme E., Neubrand M., Prenzel M., Schiefele U. et al. (2001). *PISA 2000: Zusammenfassung zentraler Befunde*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Ball, D. L., Lubienski, S. T., & Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics. The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 433–456). New York: Macmillan.
- Baumert, J., Bos, W., & Lehmann, R. (Eds.). (2000). *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Band 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Baumert, J., Stanat, P. & Demmrich, A. (2001). PISA 2000. Untersuchungsgegenstand, Grundlagen und Durchführung der Studie. In D. PISA-Konsortium (Ed.), *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (pp. 15–68). Opladen: Leske u. Budrich.
- Bertin, J. (1974). *Graphische Semiologie: Diagramme, Netze, Karten*. Berlin: de Gruyter.
- Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 673–708). New York: Macmillan.
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., & Fischer, H. E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167–175.

- Borowski, A., & Tepner, O. (2009). Projektskizze: Professionswissen in den Naturwissenschaften. In D. Höttecke (Ed.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. GDCP Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008* (pp. 377–379). Münster: Lit.
- Bowen, G. M., & Roth, W.-M. (2005). Data and graph interpretation practices among preservice science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1063–1088.
- Bromme, R., Seeger, F., & Steinbring, H. (1990). *Aufgaben als Anforderungen an Lehrer und Schüler*. Köln: Aulis.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Ed.), *Psychologie der Schule und des Unterrichts*. Göttingen: Hogrefe.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W. et al. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Kozeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG Schwerpunktprogramms* (pp.54–82). Münster: Waxmann.
- Busse, A. (2005). Lesekompetenz im Mathematikunterricht. In Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (Ed.), *Impulse: Sekundarstufe I – Lesekompetenz* (pp. 35–40). Hamburg: Schüthedruck.
- Clandinin, D. J. & Connelly, F. M. (1995). *Teachers' professional knowledge landscapes*. New York: Teachers College Press.
- Deutsches PISA-Konsortium (Ed.). (2000). *Schülerleistungen im internationalen Vergleich: Eine Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Dreyfus, T., & Eisenberg, T. (1990). On difficulties with diagrams: Theoretical issues. In G. Booker, P. Cobb, & T. N. De Mendicuti (Eds.), *Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 27–36). Oaxtepec: PME.
- Felbrich, A. (2005). *Kontrastierungen als effektive Lerngelegenheiten zur Vermittlung von Wissen über Repräsentationsformen am Beispiel des Graphen einer linearen Funktion*. Technische Universität Berlin.
- Geiser, C. (2010). *Datenanalyse mit Mplus: Eine anwendungsorientierte Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gonschorek, G., & Schneider, S. (2005). *Einführung in die Schulpädagogik und die Unterrichtsplanung*. Donauwörth: Auer.
- Grossmann, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Houghton, H. A., & Willows, D. (Eds.). (1987). *The psychology of illustration: Vol. 2. Instructional issues*. New York: Springer.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Hubber, P., Tyler, R., & Hastam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40(1), 5–28.
- KMK (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland). (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer.
- Krauss, S., Blum, W., Brunner, M., Neubrand, M., Baumert, J., Kunter, M. et al. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (pp. 135–161). Münster: Waxmann.

- Krauss, S., Kunter M., Brunner M., Baumert J., Blum W., Neubrand M. et al. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Eds.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsentwicklung* (pp. 31–53). Münster: Waxmann.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. et al. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29, 223–258.
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. Unveröffentlichte Dissertation: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Lachmayer, S., Nerdel, C., & Prechtel, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 161–180.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda (Ed.), *Zeitschrift für Pädagogik. Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern* (pp. 47–70). Weinheim: Beltz.
- Lohse, G. L. (1993). A cognitive model for understanding graphical preception. *Human Computer Interaction*, 8, 353–388.
- Matz, M. (1982). Towards a process model for high school algebra errors. In D. Sleeman & Brown J. S. (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 25–50). New York: Academic Press.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2007). Cognitive aids for guiding graph comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 640–652.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125–139.
- 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, 503–513.
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W. et al. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 23(3–4), 223–235.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen-Scriptor.
- Munby, H., Russell, T., & Martin, A. K. (2001). Teachers' knowledge and how it develops. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (4th ed., pp. 877–904). Washington, D.C: American Educational Research Assoc.
- Nerdel, C. (2003). *Die Wirkung von Animation und Simulation auf das Verständnis von stoffwechselphysiologischen Prozessen*. Unveröffentlichte Dissertation: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Neubrand, J. (2002). *Eine Klassifikation mathematischer Aufgaben zur Analyse von Unterrichtssituationen – Selbsttätiges Arbeiten in Schülerarbeitsphasen in den Stunden der TIMSS-Video-Studie*. Hildesheim: Franzbecker.
- Nitz, S., Nerdel, C. & Prechtel, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 117–139.
- 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, 20–26.
- Park, S., & Oliver, S. J. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38, 261–284.
- Peterson, D. (1996) *Forms of Representation*. Exeter: Intellect.

- Pinker, S. (1990). A Theory of Graph Comprehension. In R. O. Freedle (Ed.), *Artificial intelligence and the future of testing* (pp. 73–126). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Prechtel, H., & Nerdel, C. (2002). Aufgaben beim computergestützten Lernen: dargestellt an einer Simulation zu den Primärreaktionen der Fotosynthese. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule*, 8(51), 25–31.
- 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, 977–1019.
- Rost, J. (2004). *Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber.
- Schmelzing, S., Wüsten, S., Sandmann, A., & Neuhäus, B. (2008). Das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte als Einflussfaktor für die Unterrichtsqualität im Biologieunterricht. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 159–168.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. und Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Test of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. *Methods of Psychological Research – Online 2003*, 8(2), 23–74.
- Schnotz, W. (1994). *Wissenserwerb mit logischen Bildern*. In B. Weidenmann (Ed.), *Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film, Video und Computerprogrammen* (pp. 95–147). Bern u.a.: Verl. Hans Huber.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29, 292–318.
- Schnotz, W. (2002). Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis* (3rd ed., pp. 65–81). Weinheim: Beltz PVU.
- Schnotz, W. (2006). Visuelles Lernen. In D. H. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 853–859). Weinheim: Beltz PVU.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktionaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 46 (3), 217–236.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141–156.
- Schroeder, S., Richter, T., McElvany, N., Hachfeld, A., Baumert, J., Schnotz, W. et al. (2011). Teachers' beliefs, instructional behaviors, and students' engagement in learning from texts with instructional pictures. *Learning and Instruction*, 21(3), 403–415.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Havard Educational Review*, 57, 1–22.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227–237.
- Van Driel, J. H., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673–695.
- Walther, G. (1985). Zur Rolle von Aufgaben im Mathematikunterricht. In *Beiträge zum Mathematikunterricht* (pp. 28–42). Hildesheim: Franzbecker.
- Weinert, F. E., & Helmke, A. (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz PVU.
- Zacks, J., Levy, E., Tversky, B., & Schiano, D. J. (2002). Graphs in print. In M. Anderson, B. Meyer, & P. Olivier (Eds.), *Diagrammatic representation and reasoning* (pp. 187–206). Berlin: Springer.

KONTAKT

Lena von Kotzebue
Fachdidaktik Life Sciences
TUM School of Education
Technische Universität München
Schellingstraße 33
80799 München
lena.kotzebue@tum.de

AUTORENINFORMATION

Lena von Kotzebue hat Biologie und Chemie für das Lehramt an Gymnasien an der Technischen Universität München studiert und promoviert zurzeit am Fachbereich Fachdidaktik Life Sciences an der TUM School of Education der TU München zum Thema Professionswissen von (angehenden) Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen.

Prof. Dr. Claudia Nerdel ist Professorin für Biologie- und Chemiedidaktik und leitet den Fachbereich Fachdidaktik Life Sciences, TUM School of Education der TU München. Sie promovierte in der Biologiedidaktik am IPN, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, mit einer Dissertation zum Lernen mit Animationen und Simulationen im Biologieunterricht. Aktuelle Forschungsschwerpunkte sind Modelle professioneller Kompetenzen von Lehrkräften zur Kommunikation und zum Umgang mit Fachsprache, insbesondere bildlichen Repräsentationen, im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie eine disziplinübergreifende Naturwissenschaftsdidaktik für die Lehrbildung der Sekundarstufe I und II.