

Die Entwicklung des fachmethodischen Wissens in der fachdidaktischen Qualifizierung von Lehramtsstudierenden

Teilstudie I

Julia Wolowski & Hagen Kunz

wolowski@chemie-bio.uni-siegen.de

Universität Siegen, Abteilung Didaktik der Biologie,
Hölderlinstr. 3, 57076 Siegen

Zusammenfassung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht ist der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung von besonderem Interesse. Die darin festgelegten Standards beschreiben fachmethodische Kenntnisse auf Seiten der Lernenden, die in Lehr- und Lernsituationen erworben werden. Diese adressatengerecht und schulformbezogen zu gestalten ist eine zentrale Anforderung an Lehrende. Erste Studien zum professionellen Wissen von Lehrenden belegen jedoch, dass deren fachmethodisches Wissen unterschiedlich stark ausgeprägt ist.

Die vorliegende Teilstudie im Pre-Post-Design erfasst sowohl die Struktur des fachmethodischen Wissens von Studierenden, als auch Erkenntnisse darüber, ob und in welchem Umfang fachmethodisches Wissen in der ersten Phase fachdidaktischer Qualifizierung aufgebaut werden kann. Zur Erhebung der Daten wurde ein Paper-Pencil-Test mit niveaubezogener Codierung eingesetzt ($n = 79$). Dieser testet als einen Teil die Kompetenzen im Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung in der Dimension des wissenschaftlichen Denkens.

Die Ergebnisse belegen, dass die fachdidaktische Qualifizierung bei den Studierenden dazu geführt hat, dass sie ihr fachmethodisches Wissen signifikant ($p \leq .001$) verbessern konnten. Belegten die Studierenden zu Beginn der Intervention (über alle Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens gemittelt) die Niveaustufe 1,35 ($SD = 0,29$; $n = 79$), so war es in der Post-Erhebung Niveaustufe 1,95 ($SD = 0,37$; $n = 79$).

Abstract

Scientific inquiry competence is of particular interest in science education. The defined standards describe scientific reasoning competencies on the learner's side, which is gained through learning experiences. It is a key requirement for teachers to appropriately design

those experiences. However, first research on the subject of professional knowledge in teachers indicates that the scientific reasoning competencies varies significantly.

This substudy used a pre-post-design to capture both the structure of the scientific reasoning competencies of students as well as insights about the extent, if any, to which scientific reasoning competencies can be established during the first phase of the professional development of pedagogical content knowledge.

The data was collected by means of a paper-pencil test with level appreciate encoding (n=79). This tests scientific reasoning competencies as a part of the skills in the process of scientific exploration. The results show that the professional development among students lead to a significant increase of scientific reasoning competencies. Prior to the intervention, the average skill level, spread over all central skills of scientific reasoning, was 1.35 (SD = 0,29; n = 79), which increased to 1.95 (SD = 0,37; n = 79) in the post evaluation.

1 Einleitung

Die Kompetenzen einer Lehrkraft sind maßgebliche Voraussetzungen für gelingenden Biologieunterricht (HELMKE & HOSENFELD, 2005). Insbesondere das fachdidaktische Wissen (HILL, ROWAN & BALL, 2005; SCHMELZING, WÜSTEN, SANDMANN & NEUHAUS, 2008) und das Fachwissen (LACZKO-KERR & BERLINER, 2002) der Lehrkraft gelten als Prädiktoren für hohe Lernleistungen auf Seiten der Lernenden. Ihre grundlegenden Kompetenzen in diesen Bereichen erlangen Lehrer*innen in der ersten Phase ihrer Ausbildung - dem Studium (KMK, 2004b, 2017).

Das fachspezifische Kompetenzprofil für das naturwissenschaftliche Lehramtsstudium sieht vor, dass Studierenden die Aneignung von anschlussfähigem Fachwissen ermöglicht werden soll (KMK, 2017). Des Weiteren ist es von hoher Bedeutsamkeit, Kenntnisse und Fertigkeiten bezogen auf eine kompetenzorientierte Ausrichtung von Biologieunterricht vorzubereiten. Lehramtsstudierende sollen dazu befähigt werden, kompetenzorientierte Lehr-Lern-Situationen zu konzipieren, zu gestalten und in ersten Schritten auch reflektierend zu evaluieren (KMK, 2017; TERHART, 2007). Wenn Lehrende über diese Fähigkeiten verfügen, ist es ihnen möglich, Kompetenzen auf Seiten der Lernenden zu entwickeln (LIPOWSKY, 2006).

Naturwissenschaftliche Grundbildung als Leitziel des Biologieunterrichts (KMK, 2004a; WELLNITZ ET AL., 2016) ermöglicht es, Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung auf das Lösen von (natur-) wissenschaftlichen aber auch alltagsrelevanten Problemen anzuwenden (MAYER, 2007). Als wissenschaftspropädeutisch bedeutsamer Bereich nimmt damit der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung eine zentrale Rolle im Biologieunterricht ein (MAYER, 2013). Infolgedessen stehen die dort beschriebenen Fähigkeiten und Fertigkeiten (das fachmethodische Wissen) im Fokus der Planung

von Biologieunterricht und müssen in Unterrichtssituationen für Schüler*innen erwerbbar sein.

Dies setzt voraus, dass Lehrende selbst über dieses fachmethodische Wissen verfügen, um ihren Unterricht an den Standards des Kompetenzbereiches Erkenntnisgewinnung auszurichten. Folglich bilden neben der Vermittlung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Inhalte auch das grundständige Erlernen von wesentlichen Arbeits- und Erkenntnismethoden, so bspw. das Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen, wesentliche Elemente der universitären Lehre ab (KMK, 2017).

Bisher liegen jedoch nur wenige Studien vor, die sich auf das fachmethodische Wissen von Lehrenden beziehen (ABELL, 2007; DÜBBELDE, 2013; KUNZ, 2012; SHULMAN, 1986; WERNER, SCZUDLEK & NEUHAUS, 2008) - im Gegensatz zur Schüler*innen-Perspektive (ARNOLD, KREMER & MAYER, 2012; GRUBE, MÖLLER & MAYER, 2007; KREMER, SPECHT, URHAHNE & MAYER, 2014; KREMER, URHAHNE & MAYER, 2007; NOWAK, NEHRING, TIEMANN & UPMEIER ZU BELZEN 2013; WERNER & KREMER, 2010). Das vorliegende Forschungsprojekt erkundet genau diesen Teilbereich des Professionswissens. Es untersucht zum einen die Struktur des fachmethodischen Wissens von Studierenden zu Beginn des Lehramtsstudiums in den Naturwissenschaften. Zum anderen werden Einsichten darüber erwartet, ob und in welchem Umfang fachmethodisches Wissen durch eine darauf abgestimmte fachdidaktische Qualifizierung aufgebaut werden kann.

2 Theorie

Die Kultusministerkonferenz ist in der Verantwortung die Güte der Qualifizierungsphasen zu sichern. Ein Instrument hierfür sind die erlassenen ländergemeinsamen Standards für die Lehrer*innen-Bildung. Diese nehmen Bezug auf die Beschreibungen des Professionswissens von Lehrenden.

2.1 Fachmethodisches Wissen als Teil des Professionswissens

Im deutschsprachigen Raum beschreiben ausgehend von SHULMANS (1987) Arbeiten die Facetten des Fachwissens (*content knowledge*, CK), fachdidaktischen Wissens (*paedagogical content knowledge* PCK) und pädagogischen Wissens (*paedagogical knowledge*, PK) das Professionswissen von Lehrkräften (JÜTTNER & NEUHAUS, 2013). Der Bereich Fachwissen umfasst neben den fachwissenschaftlichen Kenntnissen das fachmethodische Wissen (Abbildung) (ABELL, 2007; KUNZ, 2012; SCHMELZING, 2010). Das bedeutet, Lehrer*innen sollen nicht nur ein vernetztes und umfassendes Wissen über die Inhalte ihres Faches besitzen (KMK, 2017; SHULMAN, 1987), sondern auch den spezifischen Anforderungen ihres Faches in Form von wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsprozessen ge-

recht werden (DÜBBELDE, 2013; KUNZ, 2012; MÖLLER, GRUBE & MAYER, 2007).

2.2 Fachmethodisches Wissen im Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht sind Elemente des fachmethodischen Wissens im Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen nach MAYER (2007) beschrieben. Wissenschaftsmethodische Kompetenzen vereinen die Kompetenzkonstrukte des Wissenschaftsverständnisses (*epistemological view*), des wissenschaftlichen Denkens (*scientific reasoning*) und der manuellen Fertigkeiten (*practical skills*) zur Fähigkeit der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (*scientific inquiry*). Sie bezeichnet das Verständnis über die Art und Weise wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und wodurch naturwissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse charakterisiert sind (MAYER, 2013). *Wissenschaftliches Denken* erfolgt durch kognitive, anwendungsbezogene Fähigkeiten (*inquiry skills*). Es befähigt zu einer Rekonstruktion von Untersuchungsmethoden, von Prozessen und Kennzeichen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Weiterhin wird das wissenschaftliche Denken „als kognitiver, komplexer und domänenspezifischer Problemlöseprozess verstanden [...], der durch spezifische Prozeduren charakterisiert ist und bei dem auf inhaltliches und methodisches Wissen zurückgegriffen wird“ (MAYER, 2013, S. 59).

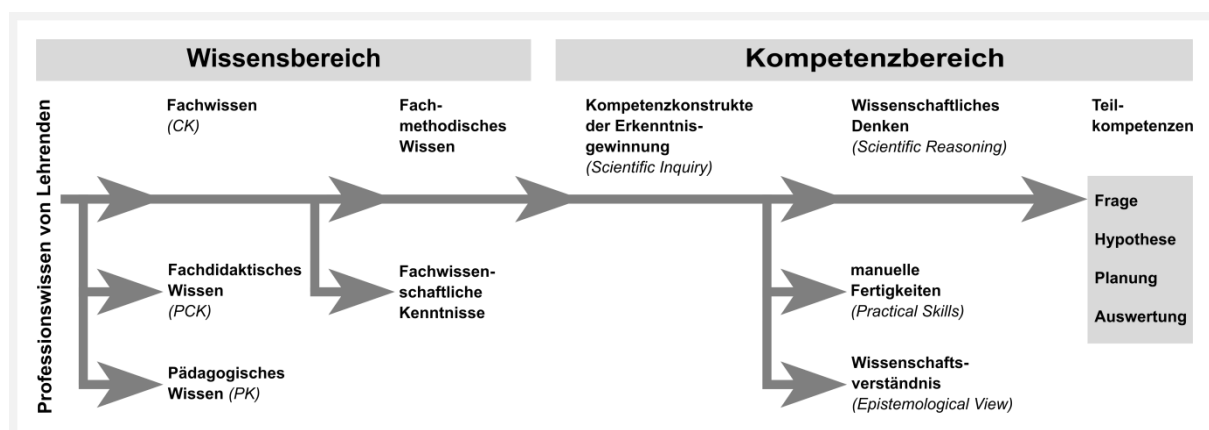


Abbildung 1: Fachmethodisches Wissen verortet im Rahmenmodell wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (verändert nach KUNZ, 2012; MAYER, 2007).

Im Zentrum der hier dargestellten Auswertungen zum fachmethodischen Wissen stehen die intellektuellen Fähigkeiten des wissenschaftlichen Denkens.

2.3 Die Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens

Orientiert an dem Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (KLAHR & DUNBAR, 1988) dimensioniert sich das wissenschaftliche Denken in die forschungslogischen Teilkompetenzen des *Fragen* und *Hypothesen* Formulierens, *Planens* und *Durchführens* einer Untersuchung und des *Auswertens* und

Interpretierens von Daten (GRUBE, 2010; WELLNITZ ET AL., 2016). Für die Teilkompetenzen Fragestellung, Hypothese, Planung und Auswertung einer Untersuchung liegen aus der fachdidaktischen Forschung Niveaustufenbeschreibungen vor (Abbildung 1) (GRUBE, 2010). Die beschriebenen Stufen stellen mit aufsteigender Zahl (I-V) einen Gewinn an Komplexität der Antworten dar. D.h. das Niveau zeichnet sich durch den Umfang und Vernetzungsgrad der verarbeiteten Inhalte aus (GRUBE, 2010; KMK, 2013). Bisherige Studien zeigen auch, dass es sowohl auf Seiten der Schüler*innen als auch auf Seiten der Lehrer*innen Kompetenzdefizite v.a. auf den höheren Niveaustufen gibt (KUNZ, 2012; MAYER et al., 2008; MÖLLER ET AL., 2007; MÖLLER, HARTMANN & MAYER, 2009).

Auswertung Planung Hypothese Frage	kein erkennbarer Bezug zur Aufgabenstellung	zutreffende Beschreibung der Daten ohne Schlussfolgerung	zutreffende Beschreibung der Daten mit Schlussfolgerung, ohne Bezug zu Fachwissen	... + mit Bezug zu Fachwissen.	... + generalisierender Anteil oder Absicherung der Schlussfolgerung ist sichtbar	... + alternative Schlussfolgerungen berücksichtigen	
		eine Variable identifizieren (unabhängige oder abhängige)	abhängige und unabhängige Variable werden in Beziehung gesetzt	... + Kontrollvariablen werden berücksichtigt	... + Dauer der Untersuchung, Messwiederholung berücksichtigt oder: ... + Beschreibung der abhängigen Variable	... + Untersuchungsmethoden (Genauigkeit, Fehler) abwägen	
		einfache, testbare Hypothese ohne Begründung	testbare Hypothese mit <i>Alltagsanalogien</i> begründet	testbare Hypothese mit <i>biologischem Verständnis</i> begründet	... + generalisierendem Anteil oder Angaben zur abhängigen Variable (Quantifizierung)	alternative Hypothesen berücksichtigen	
		Phänomen wird beschrieben; einfache nw. Frage	mind. ein Zusammenhang wird hergestellt (aus 2 Variablen)	... + Begründung anführen	... + generalisierender Anteil	eigene nw. Frage zur Problemlösung stellen	
		Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5

Abbildung 2: Niveaustufen der Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens (Dübbelde, 2013; Grube 2010 verändert nach Arnold, Kremer & Mayer, 2012)

3 Fragestellungen

Ausgehend von dieser theoretischen Herleitung konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf die Forschungsfragen:

- 1) Wie ist das fachmethodische Wissen von Lehramtsstudierenden in der Eingangsphase des Studiums strukturiert? Welche Niveaustufen werden in den Facetten des wissenschaftlichen Denkens erreicht?
- 2) Verändert sich die Struktur des fachmethodischen Wissens von Lehramtsstudierenden im Verlauf der Studieneingangsphase?

4 Hypothesen

Zu den formulierten Fragen sind folgende Hypothesen anzunehmen:

Zu 1) Die Kompetenzkonstrukte im Bereich des fachmethodischen Wissens sind unterschiedlich repräsentiert und entsprechen beim Eintritt in die erste Phase der Lehrer*innen-Bildung den Kenntnissen und Fertigkeiten von Lernenden im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung am Ende der Sekundarstufe II (MÖLLER et al., 2009).

Zu 2) Die Kompetenzkonstrukte im Bereich des fachmethodischen Wissens sind in einem höheren Maß vorhanden, wenn die Studierenden an einer fachdidaktischen Qualifizierung innerhalb ihres Studiums, die auf die KMK-Vorgaben abgestimmt sind, teilgenommen haben. Nach KLIEME und LEUTNER (2006) können diese Kompetenzkonstrukte in spezifisch ausgerichteten Anforderungssituationen erworben und durch Interventionsmaßnahmen beeinflusst werden. Eine systematische Förderung der Standards der Erkenntnisgewinnung hat die Ausprägung der Kenntnisse zum wissenschaftlichen Denken auf verschiedenen Niveaustufen zur Folge (GRUBE et al., 2007).

5 Methodik

5.1 Forschungsdesign

Zur umfänglichen Analyse der Entwicklung des fachmethodischen Wissens gliedert sich die Untersuchung in drei Teilstudien: I.) *Interventionsstudie zur Entwicklung des fachmethodischen Wissens im ersten Studiensemester*; II.) Längsschnitterhebung zur Entwicklung des fachmethodischen Wissens an definierten Testzeitpunkten im BA-/MA-Studium; III.) Interviewstudie zur Wirkung der Intervention (leitfadengestützte Interviews von BA-Studierenden der ersten Teilstudie). In diesem Beitrag wird die erste Teilstudie (I. Interventionsstudie) vorgestellt.

Im Rahmen der ersten Teilstudie wurden vom WS 2015/16 bis WS 2017/18 in 8 Lehrveranstaltungen der Didaktik der Biologie der Universität Siegen Daten erhoben. Die Stichprobe umfasst 79 Studierende, die in ihrer ersten Phase der Ausbildung qualifiziert und getestet wurden.

Zur Entwicklung fachmethodischen Wissens besuchten die Studierenden in ihrem ersten Studiensemester das Seminar „*Biologie und ihre fachgemäßen Arbeitsweisen*“. Dem klassischen Pre-Post-Design folgend, wurden die Teilnehmenden zu Beginn und zum Abschluss der Veranstaltung bezüglich ihres fachmethodischen Wissens getestet (Teilstudie I).

5.2 Ausrichtung der fachmethodischen Qualifizierung in der Studiengangphase an das fachdidaktische Konzept des forschenden Lernens

„*Biologie und ihre fachgemäßen Arbeitsweisen*“ ist ein 2-SWS-Seminar, welches zu Beginn der fachdidaktischen Qualifizierung im Studienverlaufsplan vorgesehen ist. Die Studierenden entwickeln und erwerben darin fachmethodisches Wissen. Im Mittelpunkt steht das Erwerben von Teilkompetenzen des Kompetenzkonstruktes *wissenschaftliches Denken*. Studierende werden angeregt und gefordert eigenständig naturwissenschaftliche Untersuchungen zu unterrichtsrelevanten Themen zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Dies zeigen sie, indem sie a) eine vollständige Untersuchung zu schulrelevanten Themen der Humanbiologie planen und durchführen, b) eine Langzeituntersuchung mit lebenden Organismen planen und durchführen und c) eine naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode (Auswahl aus: Betrachten, Beobachten, Experimentieren, Mikroskopieren) auf eine selbstgewählte und schulbezogene Untersuchung anwenden. Sie erwerben Kenntnisse und Fertigkeiten des wissenschaftlichen Denkens, indem sie sich professionell und aktiv mit den Methoden und Prozessen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung auseinandersetzen (WELLNITZ et al. 2016).

Zur Entwicklung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen und zugeordneter naturwissenschaftlicher Inhalte eignet sich das fachdidaktische Konzept des forschenden Lernens nach MAYER und ZIEMEK (2006). Hierbei helfen die Schritte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung Lehr-Lern-Prozesse aufzubauen (HOF & MAYER, 2008). Die Elemente des forschenden Lernens, a) Lernen in Kontexten, b) kooperative Lernformen, c) problemorientiertes Lernen und d) eigenständiges, offenes Lernen (ARNOLD, KREMER & MAYER, 2016; GIJBELS, DOCHY, VAN DEN BOSSCHE & SEGERS, 2005; HMELO-SILVER, DUNCAN & CHINN, 2007; HOF & MAYER, 2008; MAYER & ZIEMEK, 2006), unterstützen im Rahmen des Seminars problemlösendes Denken zu entwickeln. Die damit von den Studierenden angeeigneten neuen Lösungsstrategien und Routinen ermöglichen eine strukturierte Bearbeitung naturwissenschaftlicher Problemstellungen im Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (MAYER, 2013).

Um mit naturwissenschaftlichen Inhalten später fachdidaktisch begründete erste Unterrichtsplanungen zu konzipieren, sind die einzelnen Seminareinheiten immer an biologiespezifische *Kontexte* (a), die sich mit den Schüler*innen-Wirklichkeiten decken, angeknüpft. Beispielsweise Reiz-Reaktions-Geschwindigkeit, Keimung und Wachstum von Pflanzen, Herzkreislaufsystem etc..

Kooperative Lernformen (b) wie Partner-, Gruppen-, Plenumsarbeit (wobei die Gruppen nicht mehr als 5 Studierende umfassen) unterstützen die Studierenden in der Entwicklung fachmethodischen Wissens.

Indem die einzelnen Schritte des *problemorientierten Lernens* (c) sehr gut den Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung anleiten, bestimmt es als weiteres Element des forschenden Lernens maßgeblich die Ausrichtung des Seminars (MAYER, 2007). Naturwissenschaftliche Problemstellungen bilden den Ausgangspunkt für alle Untersuchungen im Seminar (HAMANN, PHAN, EHMER & BAYRHUBER, 2006).

HOF und MAYER (2008) haben in ihrer Studie gezeigt, dass der vierte Aspekt des forschenden Lernens, das *eigenständige, offene Lernen* (d), im Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bedeutsam ist. Daher wird der handelnde Umgang mit dem zu erforschenden Gegenstand im Seminar von den Studierenden mit wachsendem Öffnungsgrad eingefordert. So erfolgen zu Beginn des Semesters noch kleinschrittige Rückmeldungen und Anregungen zu allen Vorüberlegungen der Studierenden (Frage, Hypothese, Planung) (Öffnungsgrad 1). Dieses Feedback reduziert sich im Verlauf auf mündliche Plenumsrunden und schriftliche Unterstützungen zu den Phasen im Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Öffnungsgrad 2-3).

Zur geöffneten Seminarstruktur zählt auch das vertiefende Literaturstudium in Heimarbeit, welches anfangs noch durch Verständnisfragen angeleitet wird. Die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken kann durch die konzipierten Strukturen zum Großteil eigenständig erworben werden.

5.3 Forschungsmethodik

Zur Testung wurde *ein* Fragebogen mit insgesamt 81 Items, die die Facetten des fachmethodischen Wissens erfassen (Kapitel 2), eingesetzt. Der Fragebogen unterteilte sich in verschiedene Abschnitte, deren Bearbeitung im Schnitt 50 Minuten dauerte. Im Pre- und Posttest wurde derselbe Fragebogen verwendet.

Die Kompetenzen des wissenschaftlichen Denkens, als Facette des fachmethodischen Wissens, wurden dabei in 8 offenen Testaufgaben (u.a. GRUBE et al. (2007)) eingefordert. Angelehnt an den Prozess naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (KLAHR & DUNBAR, 1988) galt es darin zu jeder Teilkompetenz (Frage, Hypothese, Planung, Auswertung) 2 Items zu bearbeiten. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, waren diese Items kontextorientiert und mit Bezug zum schulischen Rahmen aufgebaut. Die Antworten wurden niveaubezogen codiert (siehe Abbildung 1) (u.a. GRUBE et al., 2007; KUNZ, 2012; MAYER et al., 2008).

Die Ergebnisse daraus werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Der Vollständigkeit halber sei zu erwähnen, dass es darüber hinaus – neben den 8 offenen Items – noch 73 geschlossene Items gab. Diese testeten zum einen weitere Kompetenzkonstrukte des wissenschaftlichen Denkens (z.B. das *Wissenschaftsverständnis* nach Urhahne, Kremer, Mayer (2008)) und zum anderen versuchten sie ein Bild der Selbstwirksamkeit der Studierenden bezogen auf ihr

fachmethodisches Wissen darzustellen (nach Gröschner, 2009; Gröschner & Schmitt, 2012; Frey & Balzer, 2012).

6 - Erde

Informationsteil:
Tom möchte seiner Mutter Veilchen schenken. Er glaubt, dass diese besser in Blumenerde als in einfacher Erde aus dem Garten wachsen. Bevor er sie seiner Mutter schenkt, möchte er das an den Veilchen überprüfen.

Aufgabe:
Versetze Dich in die Lage eines *Naturwissenschaftlers* und entwirf ein Experiment, mit dem diese Aussage naturwissenschaftlich überprüft werden kann. Beschreibe den Ablauf Deines Experiments möglichst genau.

Abbildung 3: Itembeispiel für eine offene Testaufgabe zur Testung des wissenschaftlichen Denkens in der Teilkompetenz Planung.

6 Ergebnisse

Im Folgenden werden Ergebnisse der acht offenen Items zum wissenschaftlichen Denken (siehe 5.3) der Kohorten 2 und 3 (vgl. 5.1) dargestellt.

6.1 Erreichtes Niveau in den Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens

Die Ergebnisse (siehe Abbildung 4) zeigen, dass die Studierenden im *Pretest* über alle Teilkompetenzen (TK) des wissenschaftlichen Denkens gemittelt die Niveaustufe 1,4 belegten. Auffällig ist die unterschiedlich starke Ausprägung in den einzelnen Teilkompetenzen. Die Kenntnisse und Fertigkeiten der TK Hypothese waren der Niveaustufe 1 zuzuordnen und waren damit in geringerem Umfang verfügbar. Im Unterschied dazu waren die Studierenden in der Lage eine Untersuchung auf Niveaustufe 2 und damit auf einem deutlich höheren Niveau zu planen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kenntnisse und Fertigkeiten in den ersten Teilkompetenzen (TK Fragestellung und TK Hypothese) naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung schwächer ausgebildet waren, (Niveaustufe 1) als in den sich anschließenden Phasen der Planung (Niveaustufe 2) und Auswertung (Niveaustufe >1).

Das Gesamtniveau der Teilkompetenzen war *nach der Intervention* signifikant höher $t(78) = -14,10, p < .001, d = 1.8$. Der stärkste Zuwachs zeigte sich bei der TK Hypothese. Hier waren die Studierenden nun in der Lage Hypothesen auf einem höheren Niveau (Niveaustufe 2) zu formulieren als vor der Intervention (Niveaustufe 1). Somit verbesserten sie sich um eine ganze Niveaustufe. Durch

die Intervention verfügten die Studierenden in allen Teilkompetenzen über ein höheres Niveau im wissenschaftlichen Denken, sodass insgesamt ein Zuwachs um circa eine Niveaustufe (auf Niveaustufe 2) zu verzeichnen war.

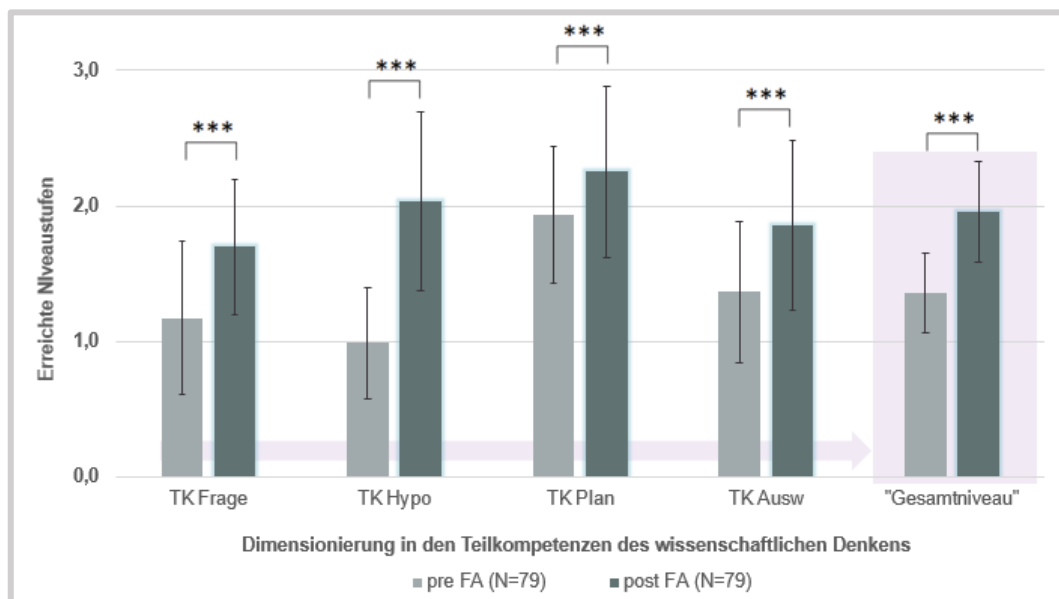


Abbildung 4: Erreichte Niveaustufen in den Teilkompetenzen (TK) des wissenschaftlichen Denkens (Pre- und Posttests zur Intervention „FA“ – „Biologie und ihre fachgemäßen Arbeitsweisen“) [Signifikanzniveau = .05; T-Test und Wilcoxon liefern über alle Teilkompetenzen $p \leq .001$].

Alle vor und nach der Intervention erreichten Niveaustufen in den einzelnen Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens unterschieden sich signifikant ($p \leq .001$) und mit einer mittleren bis großen Effektstärke ($d_{\text{cohen}} = 0.6 - 1.9$) voneinander. In der TK Planung zeigte sich mit $d_{\text{cohen}} = 0.6$ der niedrigste Effekt.

6.2 Verteilung der Niveaustufen in den Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens

Die Verteilung der im *Pretest* nachgewiesenen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf die einzelnen Teilkompetenzen gibt einen ersten Einblick in die *Struktur* des wissenschaftlichen Denkens. So wurde in der TK Fragestellung und TK Hypothese maximal die Niveaustufe 2 erreicht. Die TK Planung und TK Auswertung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung wurden hingegen vermehrt auf höheren Niveaustufe festgestellt, mitunter schon auf Niveaustufe 3.

Bei näherer Betrachtung der Verteilung der erreichten Niveaustufen (Abbildung 5) wird die *Veränderung* in den Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens deutlich. So z.B. bei den Kenntnissen und Fertigkeiten der TK Planung (Itembeispiel siehe Abbildung 3). Zu Beginn der Intervention planten ca. 12% der Studierenden eine naturwissenschaftliche Untersuchung auf Niveaustufe <1 und 62% auf Niveaustufe 1. Das entspricht in der Summe 75% der Testpersonen. Nach der Intervention waren es nur noch 17%. Allerdings waren nun 57% Stu-

dierende in der Lage auf der nächsthöheren Niveaustufe 2 zu planen. Hinzu kamen rund 25% Studierende, die die Niveaustufen 3 und 4 belegten.

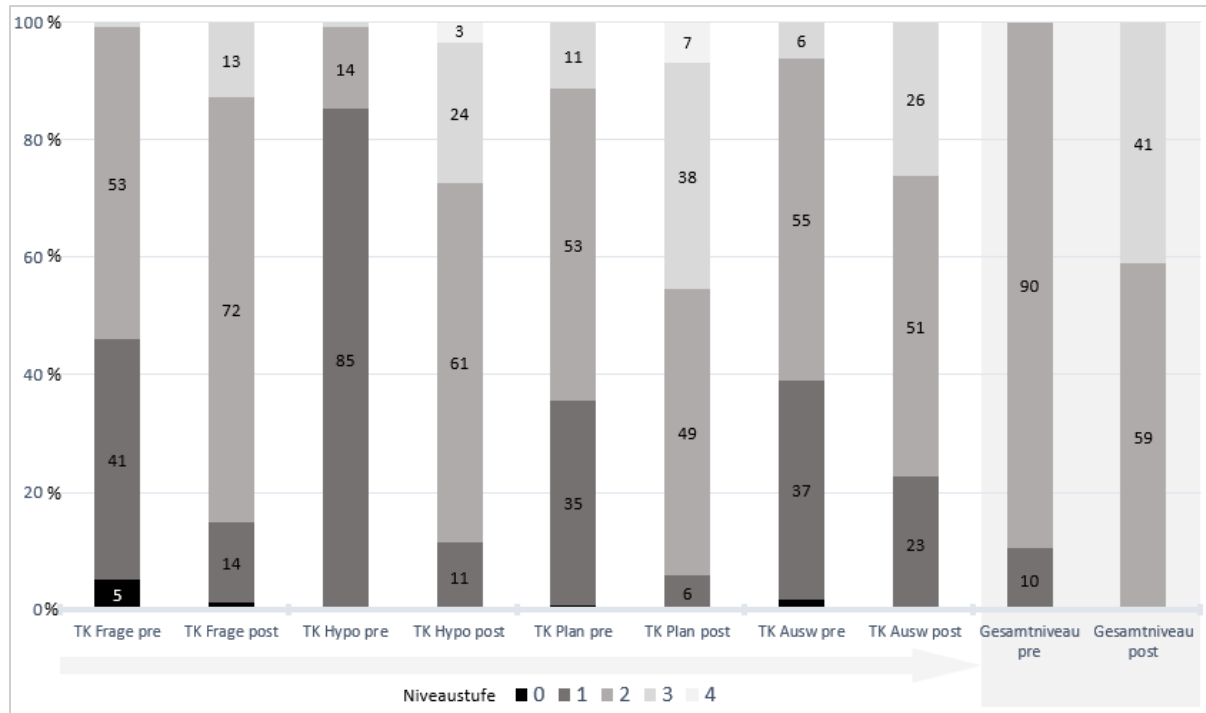


Abbildung 5: Verteilung der Niveaustufen in den Teilkompetenzen des wissenschaftlichen Denkens (n = 79). (Antworten, deren Qualität nicht mindestens der Niveaustufe 1 entsprechen, wurden der Stufe 0 zugeordnet.)

7 Diskussion

Die erreichten Niveaustufen zu Beginn der Intervention (Pretest) bilden Aspekte der Struktur des fachmethodischen Wissens der Studierenden in der Studieneingangsphase ab. In allen Teilkompetenzen wurden hauptsächlich (sehr) niedrige Niveaustufen belegt. Dies kommt den Ergebnissen aus der Schüler*innen-Forschung (MÖLLER et al., 2009) sehr nahe. Sowohl Schüler*innen als auch Studierende pendeln in den Teilkompetenzen zwischen Niveaustufe 1 und 2. Zu diesem Testzeitpunkt waren die Studierenden in der Lage, maximal einen Aspekt der jeweiligen TK abzudecken (Niveau I). Beispielsweise konnten 75% der Studierenden bei der TK Planung die abhängige (AV) *oder* unabhängige (UV) Variable benennen (siehe Abbildung 1). Die vergleichsweise starke Präsentation dieser Teilkompetenz im Pretest lässt vermuten, dass die Phase der Planung im Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung im aktuellen Biologieunterricht prominent vertreten ist.

Die zu Beginn der Studieneingangsphase vorgefundene Struktur des fachmethodischen Wissens veränderte sich mit der Teilnahme an der Intervention. Durch die Intervention, die spezifisch zum Erwerb fachmethodischen Wissens konzi-

piert und an dem Konzept des forschenden Lernens (Kap. 5.2) orientiert war, kam es zu einem Zuwachs um ca. eine Niveaustufe. Wie in der TK Planung zu sehen, waren die Studierenden nun in der Lage mindestens zwei Aspekte der Niveaubeschreibung (AV und UV) zu erfüllen und zeigten damit ein Verständnis, welches der Niveaustufe 2 zugeordnet werden konnte.

Verglichen mit Befunden aus der fachdidaktischen Forschung bei Lernenden (GRUBE, 2010) und Lehrenden (KUNZ, 2012) zeigt sich, dass eine gezielt ausgerichtete Intervention bei Studierenden in einem ähnlichen Umfang wirksam werden kann. Daraus kann geschlossen werden, dass der Erwerb des fachmethodischen Wissens nicht altersabhängig ist und in den drei Ausbildungsphasen im gleichen Umfang erworben werden kann.

Es ist festzustellen, dass in den Pretests in allen Teilkompetenzen hauptsächlich (sehr) niedrige Niveaustufen belegt wurden (0 bis ≤ 2). Diese entfielen in den Posttests zum Teil ganz. Die Studierenden verfügten über umfassendere Kenntnisse, die mindestens der Niveaustufe 2 zuzuordnen waren. Die Niveaustufe 0 wurde, mit Ausnahme der TK Frage (1%), gar nicht mehr belegt. und Stufe 1 mit knapp 5% kaum mehr. Die Kompetenz des wissenschaftlichen Denkens wurde nun vorrangig auf den Niveaustufen 2 und 3 repräsentiert. Hinzu kamen 7% Studierende (TK Planung), die z.T. auf Niveaustufe 4 operieren konnten.

Mit Bezug auf die Hypothesen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass fachmethodisches Wissen durch eine gezielte Intervention entwickelt werden kann. Die Studierenden verfügen nun über ein umfassenderes fachmethodisches Wissen und über notwendige Voraussetzungen um perspektivisch standardbezogenen Unterricht im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung zu planen. Die fachdidaktische Qualifizierung sollte darauf Bezug nehmen.

8 Ausblick

Ausgehend von den ersten Auswertungen ist es beabsichtigt, die Befunde zum wissenschaftlichen Denken mit der Selbsteinschätzung in Beziehung zu setzen. Überdies wird die vollständige Auswertung der Daten für die Längsschnittstudie (Teilstudie II) zum Abschluss gebracht. Anhand dieser Ergebnisse wird ein Einblick in die langfristige Entwicklung (über den Verlauf von vier Studienjahren) des fachmethodischen Wissens möglich sein. Neben der Untersuchung zu den Hypothesen werden noch Einflüsse möglicher Prädiktorvariablen (Abiturnote, Wahl des Leistungskurses, studierte Fächerkombination, Geschlecht) auf die Struktur und Entwicklung des fachmethodischen Wissens geprüft.

Zur Absicherung der Befunde und für ein qualitativeres Verständnis des Entwicklungsprozesses fachmethodischen Wissens von Studierenden wurden im

SoSe 2018 Daten für die weiterführende Teilstudie III erhoben. Hierfür wurden nach der Intervention die leitfadengestützten Interviews (GLÄSER & LAUDEL, 2010; MAYRING, 2015) mit den Bachelorstudierenden des ersten Semesters durchgeführt.

Zitierte Literatur

- ABELL, S. K. (2007): Research on science teacher knowledge. In S. K. ABELL & N. G. LEDERMANN (Hrsg.) *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates 1105-1149.
- ARNOLD, J., KREMER, K., & MAYER, J. (2012): Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren - Kompetenzdiagnose in der Sek. II. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (11), 7-20.
- ARNOLD, J., KREMER, K., & MAYER, J. (2016): Scaffolding beim Forschenden Lernen. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- DÜBBELDE, G. (2013): *Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung*. Universität Kassel, abgerufen unter: <https://d-nb.info/1046712527/34>.
- FREY, A., & BALZER, L. (2012): Beurteilungsbögen zu sozialen und methodischen Kompetenzen. In EIDGENÖSSISCHES HOCHSCHULINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG EHB (Hrsg.) Zollikofen.
- GIJBELS, D., DOCHY, F., VAN DEN BOSSCHE, P., & SEGERS, M. (2005): Effects of problem-based learning: a meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27-61.
- GLÄSER, J., & LAUDEL, G. (2010): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- GRÖSCHNER, A. (2009): Skalen zur Erfassung von Kompetenzen in der Lehrerausbildung. In Friedrich-Schiller-Universität JENA (Hrsg.) *Kompetenzentwicklung und Lernerfahrungen im Praktikum (KLiP)*:
- GRÖSCHNER, A., & SCHMITT, C. (2012): Kompetenzentwicklung im Praktikum? Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Kompetenzeinschätzungen und Ergebnisse einer Befragung von Lehramtsstudierenden im betreuten Blockpraktikum. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 5(2), 112-128.
- GRUBE, C. (2010): Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. Universität Kassel.
- GRUBE, C., MÖLLER, A., & MAYER, J. (2007), *Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren*. Paper presented at the Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften, 16.09 - 20.09.2007. Essen.
- HAMMANN, M., PHAN, T., EHMER, M., & BAYRHUBER, H. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 2006(59-5), 292-299.
- HELMKE, A., & HOSENFELD, I. (2005): Standardbezogene Unterrichtsevaluation. In G. BRÄGGER, B. BUCHER, & N. H. LANDWEHR (Hrsg.) *Schlüsselfragen zur externen Schulevaluation*. Bern: h.e.p.-Verlag, 127-151.
- HILL, H. C., ROWAN, B., & BALL, D. (2005): Effects of Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching on Student Achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406.
- HMELO-SILVER, C. E., DUNCAN, R. G., & CHINN, C. A. (2007): Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006): *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- HOF, S., & MAYER, J. (2008): Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen. Ein Vergleich zwischen direkter Instruktion und Guided-Scientific-Inquiry. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 69-84.
- JÜTTNER, M., & NEUHAUS, B. J. (2013): Das Professionswissen von Biologielehrkräften – Ein Vergleich zwischen Biologielehrkräften, Biologen und Pädagogen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 31-49.
- KLAHR, D., & DUNBAR, K. (1988): Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48.

- KLIEME, E., & LEUTNER, D. (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 876-903.
- KMK. (2004): *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): Beschluss vom 16.12.2004*. Berlin, Bonn: Luchterhand.
- KMK. (2004): *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Berlin, Bonn: Luchterhand.
- KMK. (2017): *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 12.10.2017)*: Berlin, Bonn: Luchterhand.
- KREMER, K., SPECHT, C., URHANE, D., & MAYER, J. (2014): The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education*, 48(1), 1-8.
- KREMER, K., URHANE, D., & MAYER, J. (2007): Das Verständnis Jugendlicher von der Natur der Naturwissenschaften. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 6, 37-52.
- KUNZ, H. (2012): *Professionswissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Universität Kassel, abgerufen unter: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2012012040403/9/DissertationHagenKunz.pdf>.
- LACZKO-KERR, I., & BERLINER, D. (2002): The Effectiveness of "Teach for America" and Other Under-certified Teachers on Student Academic Achievement: A Case of Harmful Public Policy. *Education Policy Analysis Archives*, 10(37):
- LIPOWSKY, F. (2006): Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 47-70.
- MAYER, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.) *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- MAYER, J. (2013): Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. GROPPENGIEßER, U. HARMS, & U. KATTMANN (Hrsg.) *Fachdidaktik Biologie*: Aulis Verlag. 56-61.
- MAYER, J., & ZIEMEK, H.-P. (2006): Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie* (317), 4-12.
- MAYRING, P. (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim, Basel: Beltz.
- MÖLLER, A., GRUBE, C., & MAYER, J. (2007): *Kompetenzniveaus der Erkenntnisgewinnung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Paper presented at the Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften: Internationale Tagung der Fachgruppe Biologiedidaktik im VBIO, 16.09.-20.09.2007. Essen.
- MÖLLER, A., HARTMANN, S., & MAYER, J. (2009): *Modellierung von Niveaus naturwissenschaftsmethodischer Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Paper presented at the Heterogenität erfassen - individuell fördern, 21.-25.09.2009. Kiel.
- NOWAK, K. H., NEHRING, A., TIEMANN, R., & UPMEIER ZU BELZEN, A. (2013): Assessing students abilities in processes of scientific inquiry in biological using a paper and pencil-test. *Journal of Biological Education*, 47(3), 182-188.
- SCHMELZING, S. (2010): *Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften: Konzeptionalisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerbildung*. Berlin: Logos Verlag.
- SHULMAN, L. (1987): Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- SHULMAN, L. S. (1986): Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(4), 4-14.
- TERHART, E. (2007): Standards in der Lehrerbildung *Unterrichtswissenschaft*, 35, 2-14.
- WELLNITZ, N., HECHT, M., HEITMANN, P., KAUERTZ, A., MAYER, J., SUMFLETH, E., ET AL. (2016): Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*.
- WERNER, M., & KREMER, K. (2010): Ein Experiment ist das, was der Lehrer macht. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 9, 135-150.
- WERNER, S., SCZUDLEK, M., & NEUHAUS, B. J. (2008): Eine Videostudie zur Professionalität von Biologielehrkräften (ProwiN): *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 59-73.
- WÜSTEN, S., SCHMELZING, S., SANDMANN, A., & NEUHAUS, B. (2008): Unterrichtsqualitätsmerkmale im Fach Biologie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 145-158.