

Wie werden Modelle im Biologieunterricht eingesetzt?

Ergebnisse einer Fragebogenstudie

Moritz Krell & Dirk Krüger

moritz.krell@fu-berlin.de

Freie Universität Berlin, Didaktik der Biologie,
Schwendenerstraße 1, 14195 Berlin

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde der Modelleinsatz im Biologieunterricht von Berliner Lehrkräften (N=146) untersucht. Die Lehrkräfte wurden gefragt, wie stark sie Modelle unter Perspektiven von Modellkompetenz in ihrem Biologieunterricht einsetzen. Die Ergebnisse deuten auf einen insgesamt starken Modelleinsatz im Biologieunterricht hin. Besonders scheint der Zweck von Modellen thematisiert zu werden, während Gründe für alternative Modelle eher weniger im Unterricht besprochen werden. In einer latenten Regressionsanalyse wurden die Unterrichtsfächer, die Erfahrung und der Schultyp der Lehrkräfte als Prädiktoren für den angegebenen Modelleinsatz geprüft. Lehrkräfte mit rein naturwissenschaftlichen Fächern geben insgesamt einen stärkeren Modelleinsatz an als Biologielehrkräfte mit nicht naturwissenschaftlichen Zweitfächern. Die Erfahrung der Lehrkräfte wirkt sich ebenfalls positiv auf die grundsätzliche Stärke des Modelleinsatzes aus, während der Schultyp der Lehrkräfte (Gymnasium, Sekundarschule, Grundschule) keinen Effekt auf den angegebenen Modelleinsatz zeigt. Die Ergebnisse beruhen auf der Selbstauskunft der Lehrkräfte und lassen daher keinen direkten Schluss auf deren tatsächlichen Unterricht zu. Trotzdem deuten sie auf einen insgesamt breiteren Modelleinsatz hin, als dies über den Biologieunterricht in anderen Ländern berichtet wird.

Abstract

This study investigated how teachers (N=146) in Berlin (Germany) use models in their biology lessons. The teachers were asked to report how they implement models under the perspective of model competence. Overall, the findings indicate an intensive usage of models in biology lessons. The purpose of models seems to be discussed often in biology classes, whereas reasons for the existence of multiple models seem to be sparsely addressed. The teachers' subjects, their teaching experience and their type of school have been tested as predictor variables in a latent regression analysis. Teachers instructing only science subjects reported a more intensive use of models than teachers who instruct non-science sub-

jects next to biology. Teaching experience also has a positive effect on the reported use of models, school type (Gymnasium, Sekundarschule, Grundschule), however, does not. The findings are based on the teachers' self-reports and therefore do not allow a direct conclusion about the actual use of models in their biology lessons. Nevertheless, the findings suggest a more intensive use of models in German biology lessons than it is reported for other countries.

1 Einleitung

Modelle sind zentral für die Kommunikation und Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften, sie können als Medium zur Veranschaulichung sowie als Methode zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse eingesetzt werden (GIERE, 1988; LAUBICHLER & MÜLLER, 2007). Daher wird Modellverständnis als integraler Bestandteil des Verständnisses über die Natur der Naturwissenschaften aufgefasst und die Beschäftigung mit Modellen als Grundlage für den Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) betrachtet (GOBERT et al., 2011; HALLOUN, 2007). Darüber hinaus wird die Eignung von Modellen für das Lernen fachwissenschaftlicher Inhalte und Konzepte betont (z.B. HAUGWITZ & SANDMANN, 2010). Folglich sollten Modelle eine wichtige Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht einnehmen (GILBERT, 2004; UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2010).

Als Grundlage für eine systematische Diagnostik und eine darauf aufbauende Förderung von Modellkompetenz im Biologieunterricht haben Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) ein Kompetenzmodell der Modellkompetenz erarbeitet. Dieses wurde in diversen empirischen Arbeiten evaluiert und als theoretische Grundlage für die Analyse des Verständnisses von Schülerinnen und Schülern über Modelle in der Biologie genutzt (z.B. GRÜNKORN & KRÜGER, 2012; KRELL, CZESKLEBA, & KRÜGER, 2012; KRELL & KRÜGER, 2010, 2011; KRELL, UPMEIER ZU BELZEN, & KRÜGER, 2012, 2013; TERZER, 2012). Darüber hinaus wurden Ansätze zur Förderung der im Kompetenzmodell beschriebenen Teilkompetenzen bei Referendarinnen und Referendaren sowie bei Schülerinnen und Schülern entwickelt (FLEIGE, SEEGER, UPMEIER ZU BELZEN, & KRÜGER, 2012; UPMEIER ZU BELZEN, & KRÜGER, 2013).

Während im internationalen Raum relativ gut dokumentiert ist, dass sowohl Schülerinnen und Schüler (z.B. GROSSLIGHT, UNGER, JAY, & SMITH, 1991) als auch Lehrkräfte (z.B. JUSTI & GILBERT, 2003; VAN DRIEL & VERLOOP, 1999) vorwiegend ein aus wissenschaftstheoretischer Sicht wenig elaboriertes Verständnis über Modelle und das Modellieren zeigen, fehlt eine vergleichbar breite Befundlage für den deutschen Sprachraum insbesondere für das Modellverständnis von Lehrkräften. Folglich wird auch in deutschsprachigen Publika-

tionen häufig auf internationale Quellen verwiesen, wenn ein mangelndes Modellverständnis von Lehrkräften als mögliche Ursache für Befunde über wenig ausgeprägte Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern diskutiert wird (z.B. GRÜNKORN & KRÜGER, 2012; TRIER & UPMEIER ZU BELZEN, 2009). Um diese Forschungslücke im deutschsprachigen Raum zu schließen, untersucht die vorliegende Studie den Modelleinsatz von deutschen Lehrkräften im Biologieunterricht. Hierbei wurde das Kompetenzmodell der Modellkompetenz (UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2010) als theoretische Grundlage für die Aufgabenkonstruktion genutzt. Lehrkräfte wurden gebeten, anzugeben, inwieweit sie Modelle in ihrem Biologieunterricht entsprechend der im Kompetenzmodell beschriebenen Perspektiven einsetzen.

2 Theorie

2.1 Modelle im Biologieunterricht

In öffentlichen Zielvorgaben für den Biologieunterricht an allgemeinbildenden Schulen nehmen Modelle und das Modellieren eine prominente Rolle ein. So beziehen sich in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Biologie fünf von 13 Standards des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung auf Modelle und das Modellieren (KMK, 2005). Auch in dem Berliner Rahmenlehrplan für das Fach Naturwissenschaften in der Grundschule wird die Arbeit mit Modellen als „Schwerpunkt des Unterrichts“ bezeichnet (SENATSVERWALTUNG, 2013a, S. 23).

2.2 Modellkompetenz im Biologieunterricht

Auf der Grundlage diverser Studien zum Modellverständnis von Schülerinnen und Schülern (z.B. GROSSLIGHT et al., 1991) sowie Lehrkräften (z.B. JUSTI & GILBERT, 2003) haben Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) fünf Teilkompetenzen von Modellkompetenz im Biologieunterricht beschrieben: *Eigenschaften von Modellen*, *Alternative Modelle*, *Zweck von Modellen*, *Testen von Modellen* und *Ändern von Modellen*. Unter zusätzlicher Berücksichtigung theoretischer Analysen des Modellbegriffs (z.B. MAHR, 2008) wurden für jede Teilkompetenz drei Niveaustufen vorgeschlagen (Tab. 1). Diese Niveaus beschreiben in jeder Teilkompetenz drei aus theoretischer Sicht unterschiedlich elaborierte Perspektiven auf Modelle und das Modellieren. Während sich, vereinfacht ausgedrückt, die Niveaus I und II auf die Herstellungsperspektive beziehungsweise eine eher mediale Verwendung von Modellen beziehen, werden unter Niveau III Perspektiven zusammengefasst, unter denen das Modellieren als Methode zur wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verstanden wird

(Anwendungsperspektive; UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2010). Empirische Befunde deuten darauf hin, dass sich die drei Niveaus auch empirisch in ihrer Schwierigkeit unterscheiden (KRELL, 2012; TERZER, 2013).

Tabelle 1: Kompetenzmodell der Modellkompetenz (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010)

	Niveau I	Niveau II	Niveau III
Eigenschaften von Modellen	Modelle sind Kopien von etwas	Modelle sind idealisierte Repräsentationen von etwas	Modelle sind theoretische Rekonstruktionen von etwas
Alternative Modelle	Unterschiede zwischen den Modellobjekten	Ausgangsobjekt ermöglicht Herstellung verschiedener Modelle von etwas	Modelle für verschiedene Hypothesen
Zweck von Modellen	Modellobjekt zur Beschreibung von etwas einsetzen	Bekannte Zusammenhänge und Korrelationen von Variablen im Ausgangsobjekt erklären	Zusammenhänge von Variablen für zukünftige neue Erkenntnisse voraussagen
Testen von Modellen	Modellobjekt überprüfen	Parallelisieren mit dem Ausgangsobjekt; Modell von etwas testen	Überprüfen von Hypothesen bei der Anwendung; Modell für etwas testen
Ändern von Modellen	Mängel am Modellobjekt beheben	Modell als Modell von etwas durch neue Erkenntnisse oder zusätzliche Perspektiven revidieren	Modell für etwas aufgrund falsifizierter Hypothesen revidieren

3 Modellverständnis von Lehrkräften

Im Folgenden werden ausgewählte Studien zum Modellverständnis von Lehrkräften sowie zum Einsatz von Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht skizziert.

Van Driel und Verloop (1999) haben das Modellverständnis von erfahrenen Lehrkräften der Fächer Biologie, Chemie und Physik aus den Niederlanden untersucht. Zwar konnten die Autoren feststellen, dass das Wissen von Lehrkräften über Modelle individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Dennoch wurde insbesondere die Anwendungsperspektive von vielen Lehrkräften nicht wahrgenommen: „On the whole, [...] the knowledge of the majority of the teachers of models and modelling in science was not very pronounced“ (S. 1151). Mit Bezug auf die Unterrichtsfächer der befragten Lehrerinnen und Lehrer ergaben sich lediglich Hinweise darauf, dass Lehrkräfte des Faches Chemie eine stärker positivistische Sicht auf Modelle vertreten als Lehrkräfte des Faches Physik. Ein Effekt der Unterrichtserfahrung auf das artikulierte Modellverständnis zeigte sich nicht (VAN DRIEL & VERLOOP, 1999).

In einer weiteren Studie konnten Van Driel und Verloop (2002) mit Hilfe von Interviews zwei Unterrichtsmuster beschreiben, die sich hinsichtlich des Modelleinsatzes unterscheiden. Auf der einen Seite konnten Lehrkräfte identi-

fiziert werden, deren Unterricht eher konstruktiv-schülerorientiert ist, mit dem Fokus auf *nature of models* sowie *design and development of models* (S. 1268). Auf der anderen Seite konnten Lehrkräfte beschrieben werden, die einen instruktiv-lehrerzentrierten Unterricht präferieren, in dem insbesondere konkrete Modelle und deren spezifische Inhalte thematisiert werden. Es konnte kein bedeutender Zusammenhang zwischen dem Unterrichtsmuster und der Erfahrung oder dem Fach der befragten Lehrerinnen und Lehrer nachgewiesen werden (VAN DRIEL & VERLOOP, 2002).

Justi und Gilbert haben in halbstrukturierten Interviews Lehrkräfte aus Brasilien zu den Themenkomplexen *the use of models and modelling in science teaching* (JUSTI & GILBERT, 2002) sowie *the nature of models* (JUSTI & GILBERT, 2003) befragt. Die Autoren betonen, dass sowohl sämtliche befragten Lehrerinnen und Lehrer der Primarstufe als auch die Biologielehrkräfte der höheren Klassen ein eher naives Verständnis über Modelle zeigten. „It was only those with a degree in chemistry or physics who were able to discuss the notion of model in a more comprehensive way, often consistently close to an accepted scientific viewpoint“ (JUSTI & GILBERT, 2003, S. 1381). Justi und Gilbert (2002) beschreiben darüber hinaus, dass die befragten Lehrkräfte in ihrem Unterricht nur selten über die Rolle von Modellen für die wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung reflektieren. Modelle werden zur Vermittlung von naturwissenschaftlichen Inhalten eingesetzt (*learning science*), nicht aber auf einer Metaebene deren Bedeutung für die Wissenschaft reflektiert (*learning about science*; JUSTI & GILBERT, 2002).

Khan (2011) hat Interviews und Unterrichtsbeobachtungen für eine Analyse des Modelleinsatzes von je einer kanadischen Lehrkraft des Faches Astronomie, Biologie, Chemie beziehungsweise Physik genutzt. Die Autorin unterscheidet zwischen den Unterrichtsphasen der Entwicklung (*generation*), Evaluation (*evaluation*) und Modifikation (*modification*) von Modellen. Khan (2011) kommt zu dem Schluss, dass Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht zwar entwickelt, aber nur selten evaluiert und fast nie modifiziert werden. Das heißt, der zyklische Prozess des naturwissenschaftlichen Modellierens wird nur selten im Unterricht durchlaufen. In der Studie von Khan (2011) diskutierte einzig die Lehrkraft mit dem Unterrichtsfach Physik auf einer Metaebene über Modelle in den Naturwissenschaften.

Insgesamt deuten die Studien darauf hin, dass Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer (1) ein wenig elaboriertes Verständnis über Modelle besitzen, (2) in ihrem Unterricht selten über Modelle reflektieren, (3) oft nur Teilschritte des zyklischen Modellierungsprozesses im Unterricht umsetzen.

Grundsätzlich ist offen, inwieweit diese Befunde auch für deutsche Lehrkräfte Gültigkeit besitzen.

4 Fragestellungen und Hypothesen

Die folgenden Fragestellungen werden in der vorliegenden Studie diskutiert:

1. Inwieweit setzen die befragten Lehrkräfte Modelle entsprechend der im Kompetenzmodell der Modellkompetenz (Tab. 1) beschriebenen Niveaustufen in ihrem Biologieunterricht ein?

Hypothese 1.1: Aufgrund der zentralen Bedeutung von Modellen für den Biologie- (KMK, 2005) und den naturwissenschaftlichen Unterricht (SENATSV ERWALTUNG, 2013a) ist zu vermuten, dass die Mehrheit der Lehrkräfte in ihrem Biologieunterricht häufig mit Modellen arbeiten und daher einen starken Modelleinsatz im Biologieunterricht angeben.

Hypothese 1.2: Wenn die Befunde von Khan (2011) sowie Justi und Gilbert (2003) und Van Driel und Verloop (1999) auf Lehrkräfte in Deutschland übertragbar sind, sollten Modelle im Biologieunterricht weniger stark entsprechend der Niveau III-Perspektive eingesetzt werden als unter den Perspektiven der Niveaus I und II.

2. Inwiefern unterscheidet sich der generelle Modelleinsatz im Biologieunterricht mit Bezug auf (a) die Unterrichtserfahrung, (b) die Fachkombination und (c) den Schultyp der befragten Lehrkräfte?

Hypothese 2.1: Es wird vermutet, dass sich kein Effekt der Unterrichtserfahrung auf den generellen Modelleinsatz im Biologieunterricht zeigt (vgl. VAN DRIEL & VERLOOP, 1999, 2002).

Hypothese 2.2: Es wird erwartet, dass Biologielehrkräfte mit rein naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern, also dem Zweifach Chemie oder Physik, einen stärkeren Modelleinsatz in ihrem Biologieunterricht angeben als Biologielehrkräfte mit nicht naturwissenschaftlichen Zweifächern (vgl. JUSTI & GILBERT, 2003).

Hypothese 2.3: Basierend auf den Befunden von Justi und Gilbert (2003) wird erwartet, dass Lehrkräfte an Gymnasien oder Sekundarschulen Modelle generell stärker in ihrem Unterricht einsetzen als Lehrkräfte an Grundschulen.

5 Methodik

5.1 Entwicklung des Testinstruments

Anknüpfen an das methodische Vorgehen von Patzke und Upmeyer zu Belzen (2012) sowie Van Driel und Verloop (1999) wurden Items entwickelt, mit denen Lehrkräfte (Selbst-) Auskunft über den Einsatz von Modellen in ihrem Biologieunterricht geben sollten. Für jede Zelle des Kompetenzmodells der Modellkompetenz wurde ein Item zum allgemeinen Modelleinsatz formuliert und mit einer vierstufigen Ratingskala versehen. Zu jedem Item wurde entsprechend Patzke und Upmeyer zu Belzen (2012) ein konkretes Beispiel als zusätzliche Information angeboten (Abb. 1). Die Probanden wurden in der Instruktion gebeten, sich auf die allgemeine Formulierung zu beziehen und das Beispiel lediglich als Illustration zu betrachten.

Wie stark treffen die folgenden Aussagen auf Ihren Biologieunterricht zu?		kaum	etwas	ziemlich	sehr
In meinem Biologieunterricht ...					
Z1	... nutze ich Modelle, um den SuS zu zeigen, dass sie Sachverhalte veranschaulichen. <i>Bsp.: Ich zeige SuS, dass sich mit Hilfe eines Modells der Weg der Nahrung durch den Verdauungstrakt veranschaulichen lässt.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z2	... setze ich Modelle ein, um den SuS zu zeigen, dass sie sich eignen, bekannte Sachverhalte zu erklären. <i>Bsp.: Ich erkläre am Beispiel von Modellen unterschiedlicher Gelenke, dass sie sich eignen, Funktionszusammenhänge zu erklären.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Z3	... zeige ich den SuS, dass man Modelle nutzen kann, um aus ihnen Annahmen über das Original abzuleiten. <i>Bsp.: Ich erkläre den SuS, dass sich das Fluid-Mosaik-Modell eignet, Annahmen über den Transport von Teilchen abzuleiten.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 1: Items für die Teilkompetenz Zweck von Modellen (Niveaus I, II, III). Die Items wurden im Fragebogen randomisiert angeordnet. Der komplette Fragebogen ist bei Interesse über die Autoren erhältlich.

Es wurden 15 Items entwickelt, die im Folgenden durch eine Kombination von Teilkompetenz (Eigenschaften von Modellen, Alternative Modelle, Zweck von Modellen, Testen von Modellen, Ändern von Modellen) und Niveau (I, II, III) abgekürzt werden. Abbildung 1 zeigt die Items Z1, Z2 und Z3, die übrigen Items sind dem Anhang zu entnehmen. Alle Items fragen, wie sehr die Lehrkräfte Modelle entsprechend den im Kompetenzmodell beschriebenen Perspektiven in ihrem Biologieunterricht präsentieren. Hierbei wurden als Operatoren

neben dem Verb zeigen (Abb. 1), auch die Begriffe erklären, hinweisen, verdeutlichen, vorstellen, demonstrieren, thematisieren und erläutern verwendet (Anhang). Im Folgenden wird vereinfacht von *Modelleinsatz im Biologieunterricht* gesprochen.

Um die Intention der Befragung zu maskieren und damit die Wahrscheinlichkeit von sozial erwünschtem Antwortverhalten zu reduzieren (KUBINGER, 2006), waren neben Items zum Einsatz von Modellen im Biologieunterricht auch jeweils neun Items zum Einsatz von Experimenten sowie zum Umgang mit Filmen im Fragebogen enthalten. Entsprechend wurde in der Instruktion betont, dass sich die Befragung auf Medien und Arbeitsweisen im Biologieunterricht bezieht (*coverstory*; vgl. HUSSY, SCHREIER & ECHTERHOFF, 2013). Der Fragebogen enthielt neben diesen Items mit geschlossenem Antwortformat auch offene Fragen zu Modellen, Experimenten und Filmen im Biologieunterricht. Die Auswertung bezieht sich lediglich auf die Ergebnisse der 15 Items mit geschlossenem Antwortformat zum Modelleinsatz im Biologieunterricht (Abb. 1; Anhang).

In einer Pilotierungsstudie haben Lehramtsstudierende sowie Lehrkräfte mit dem Fach Biologie den Fragebogen ausgefüllt ($N=75$). Im Anschluss wurden offene Fragen zur Verständlichkeit der Items sowie zur Intention des Fragebogens gestellt. Die Ergebnisse der Pilotierung wurden genutzt, um die Formulierung einzelner Items zu optimieren. Die Mehrzahl der Probanden sah die Intention der Befragung nicht auf Modelle fokussiert, sondern allgemein auf Medien und Arbeitsweisen im Biologieunterricht. Die Bearbeitungsdauer betrug, wie später auch in der Hauptstudie, etwa 30 Minuten.

5.2 Stichprobe

Es wurden $N=146$ Biologielehrkräfte befragt. Die Geschlechterverteilung der Stichprobe (Tab. 2) entspricht etwa derjenigen aller Lehrkräfte in Berlin (72% weiblich; Senatsverwaltung, 2013b). Bezüglich der Länge der Unterrichtserfahrung treten zwei große Gruppen hervor: 70 Lehrkräfte mit geringer Unterrichtserfahrung und 41 Lehrkräfte mit großer Erfahrung. Ferner sind der Tabelle 2 Informationen zur Verteilung der Lehrkräfte auf die Schultypen und zu deren Zweitfächern zu entnehmen.

5.3 Datenaufbereitung

Da bei mehreren Items einzelne Antwortkategorien nur selten ausgewählt wurden (<10 ; LINACRE, 2002), wurden für die Datenanalyse die Kategorien *kaum* und *etwas* ($=0$) beziehungsweise *ziemlich* und *sehr* ($=1$) zusammengefasst. Die so dichotomisierten Daten wurden mit dem einparametrischen Rasch-Modell

(1PL-Modell) mit Hilfe der Software ConQuest 3 analysiert (WU, ADAMS, WILSON, & HALDANE, 2007). In dem 1PL-Modell hängt die Wahrscheinlichkeit einer Antwort von 1 (d.h. von *ziemlich* oder *sehr*) von der Personenfähigkeit θ_s und der Itemschwierigkeit σ_i ab (BOND & FOX, 2001; WU et al., 2007). Der Parameter σ_i beschreibt im Folgenden die *Attraktivität* eines Items in Form der Wahrscheinlichkeit, mit der in den Kategorien *ziemlich* oder *sehr* geantwortet wird. Der Parameter θ_s bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit, mit der die betreffende Person die Kategorien *ziemlich* oder *sehr* auswählt.

Tabelle 2: Daten zur näheren Beschreibung der Stichprobe

Geschlecht	männlich		weiblich			
Anzahl	46 (31,5 %)		100 (68,5 %)			
Erfahrung (Jahre)	<5	5-10	11-15	16-20	21-25	>25
Anzahl	70	12	8	6	9	41
Schultyp	Gymnasium	Sekundarschule ¹		Grundschule		
Anzahl	79	43		24		
Fach	Che/Nawi/ Phy	De/En/Fr/ La/Sp	Mathe/Inf	Ethik/Ge/ Geo/Pol	Kunst/DS	Sport
Anzahl	49/39/2	18/7/2/1/1	21/1	6/8/8/3	2/1	22

Anmerkung. Mit Anzahl ist die Anzahl der Lehrkräfte gemeint. Beim Fach beschreibt die Anzahl die Häufigkeit der Angabe weiterer Unterrichtsfächer der Lehrkräfte neben Biologie (Che: Chemie; Nawi: Naturwissenschaften; Phy: Physik; De: Deutsch; En: Englisch; Fr: Französisch; La: Latein; Sp: Spanisch; Mathe: Mathematik; Inf: Informatik; Ge: Geschichte; Geo: Geographie; Pol: Politik/Sozialkunde; DS: Darstellendes Spiel).

Die MNSQ- und t -Werte deuten auf einen akzeptablen *Model-Fit* des 1PL-Modells hin, lediglich Item E1 zeigt einen relativ hohen t -Wert (Tab. 3). Die geschätzte Varianz der Personenfähigkeit deutet mit 1.83 auf eine ausreichend heterogene Stichprobe hin. Die Itemseparationsreliabilität ($rel_{sep.}=0.96$) sowie die Personenreliabilität ($rel_{EAP/PV}=0.80$) indizieren eine stabile Schätzung der jeweiligen Parameter (BOND & FOX, 2001; WU et al., 2007).

¹ Aufgrund einer Schulreform gibt es in Berlin seit dem Schuljahr 2010/2011 zwei weiterführende Schultypen: das Gymnasium und die (integrierte) Sekundarschule. Letztere ist durch einen Zusammenschluss der vormals existierenden Haupt-, Real-, und Gesamtschulen entstanden.

Tabelle 3: Bereich der (gewichteten) MNSQ- sowie der entsprechenden *t*-Werte

	mit Item E1		ohne Item E1	
	min.	max.	min.	max.
MNSQ	0.87	1.24	0.87	1.15
<i>t</i>	-1.40	2.70	-1.40	1.50

5.4 Datenanalyse

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wird die relative Positionierung der Items auf der gemeinsamen Aufgaben-Personen-Skala (*Wright-Map*) analysiert. Zur Prüfung der Hypothesen 2.1 bis 2.3 werden die Erfahrung der Lehrkräfte, deren Unterrichtsfach sowie deren Schultyp in einem Hintergrundmodell als Prädiktor der Personenfähigkeit berücksichtigt (latente Regression; vgl. PRENZEL, HÄUßLER, ROST, & SENKBEIL, 2002; WU et al., 2007). Die Erfahrung wird als ordinale Variable mit den Werten 1 bis 6 entsprechend der in Tabelle 2 angegebenen Stufen aufgenommen. Das Unterrichtsfach und der Schultyp werden jeweils als dichotome Dummy-Variable kodiert. Für die Dummy-Kodierung des Schultyps wurde die Grundschule als Vergleichsstandard gewählt. Bezüglich des Faches wurden Lehrkräfte mit rein naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern von den übrigen Lehrkräften unterschieden. Für die latente Regression wurde die mittlere Itemschwierigkeit auf 0 fixiert, um die Personenfähigkeit frei schätzen zu können (*constraints=items*; WU et al., 2007).

6 Ergebnisse

6.1 Modelleinsatz im Biologieunterricht (erste Fragestellung)

Tabelle 4 zeigt die Häufigkeiten (in %), mit denen die Lehrkräfte bei den Items mit *ziemlich* oder *sehr* (=1) geantwortet haben. Es ist zu sehen, dass dieser Prozentsatz für alle Items der Teilkompetenz *Alternative Modelle* in allen drei Niveaustufen kleiner als 50 % ist, während zum Beispiel die Items zu *Zweck von Modellen* sämtlich eine hohe Zustimmung erfahren haben. Der Mittelwert über alle Items beträgt 60 %.

Tabelle 4: Prozentuale Häufigkeit einer Antwort von *ziemlich* oder *sehr* bei den einzelnen Items

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	<i>ms</i>
Eigenschaften von Modellen	55 (E1)	76 (E2)	78 (E3)	70
Alternative Modelle	48 (A1)	49 (A2)	38 (A3)	45
Zweck von Modellen	94 (Z1)	80 (Z2)	78 (Z3)	84
Testen von Modellen	14 (T1)	67 (T2)	49 (T3)	43
Ändern von Modellen	41 (Ä1)	67 (Ä2)	65 (Ä3)	58
<i>ms</i>	50	68	62	60

Abbildung 2 zeigt die *Wright-Map* mit den im 1PL-Modell geschätzten Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten.

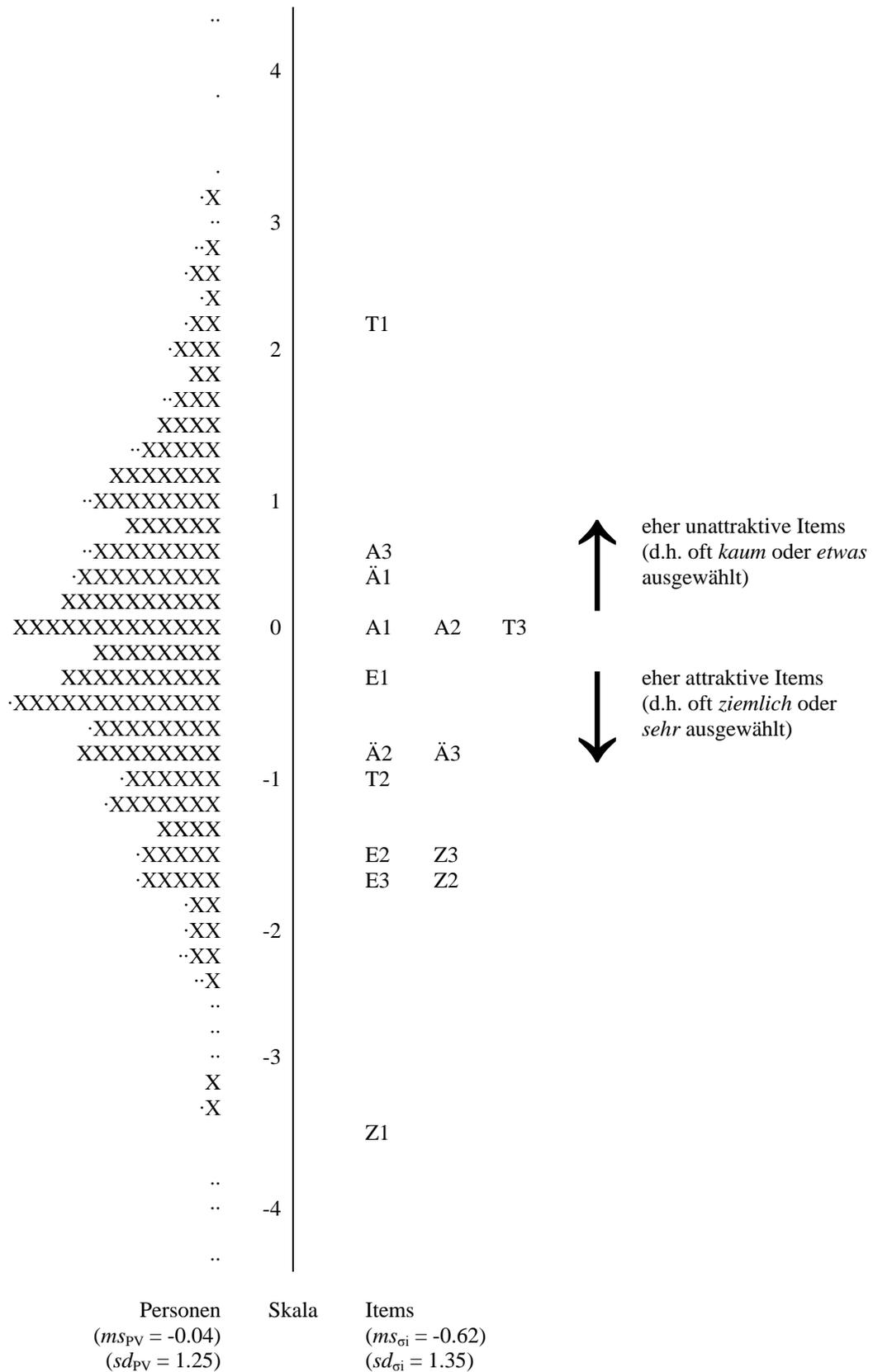


Abbildung 2: *Wright-Map* (Jedes X repräsentiert ca. einen, jeder · 0.3 Fälle.).

Es fällt auf, dass insbesondere die Items Z1 ($\sigma_i=-3.44$) sowie T1 ($\sigma_i=2.29$) durch größere „Lücken“ von den übrigen Items separiert sind. Das heißt, diese Items sind für die befragten Lehrkräfte besonders attraktiv (Z1) beziehungsweise unattraktiv gewesen (T1). Darüber hinaus ist deutlich, dass auch die Items Z2 ($\sigma_i=-1.78$) und Z3 ($\sigma_i=-1.61$) relativ attraktiv sind. Basierend auf den im 1PL-Modell geschätzten Parametern geben etwa 92 % der befragten Lehrkräfte mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 50 % an, Modelle *ziemlich* oder *sehr* entsprechend der im Kompetenzmodell beschriebenen Perspektiven auf den *Zweck von Modellen* in ihrem Biologieunterricht einzusetzen. Demgegenüber sind die Items A1 ($\sigma_i=0.14$), A2 ($\sigma_i=0.03$) und A3 ($\sigma_i=0.68$) eher unattraktiv. Lediglich etwa 30 % der Befragten antworten bei allen drei Items zu dieser Teilkompetenz mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 50 % mit *ziemlich* oder *sehr*.

6.2 Unterschiede im Modelleinsatz (zweite Fragestellung)

In einer latenten Regression wurde die Unterrichtserfahrung der Lehrkräfte, sowie deren Unterrichtsfach und Schultyp als Prädiktor der geschätzten Personenfähigkeit geprüft. Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der latenten Regressionsanalyse mit diesen Variablen (Analyse 1). Für eine zweite Analyse wurden nach Prenzel et al. (2002) nur die bedeutsamen unabhängigen Variablen mit $b > se(b)$ aufgenommen. Es zeigt sich, dass sowohl die Erfahrung der Lehrerinnen und Lehrer, als auch deren Unterrichtsfächer einen bedeutsamen Einfluss auf das Antwortverhalten haben. Die Personenfähigkeit von Lehrkräften mit nur naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern (NatWi) ist mit 0.459 durchschnittlich um 0.305 größer als die der übrigen Lehrpersonen ($0.154 + 0.305 = 0.459$). Bezogen auf die Rohdaten (Tab. 4) zeigt sich, dass Lehrkräfte mit rein naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern bei fast allen Items häufiger *ziemlich* oder *sehr* angeben als die übrigen Lehrerinnen und Lehrer. Einzig bei Item Ä1 zeigen die Lehrkräfte, die neben Biologie auch nicht naturwissenschaftliche Fächer unterrichten, einen geringfügig höheren Mittelwert ($ms_{\text{Ä1}}(\text{NatWi})=.40$ bzw. $ms_{\text{Ä1}}(\text{Rest})=.42$). Signifikante Unterschiede (t -Test) zwischen dem Antwortverhalten beider Gruppen treten bei den Items Z2 ($ms_{Z2}(\text{NatWi})=.91$ bzw. $ms_{Z2}(\text{Rest})=.74$; $p < .01$) und Z3 ($ms_{Z3}(\text{NatWi})=.87$ bzw. $ms_{Z3}(\text{Rest})=.72$; $p < .05$) auf. Die Erfahrung der Lehrkräfte hat ebenfalls einen positiven Effekt auf die geschätzte Personenfähigkeit. Je Erfahrungsstufe (Tab. 2) steigt diese durchschnittlich um 0.121 (Tab. 5). Im Gegensatz hierzu zeigt sich kein bedeutsamer Effekt des Schultyps auf den angegebenen Modelleinsatz.

Tabelle 5: Ergebnis der latenten Regressionsanalysen

	Analyse 1		Analyse 2	
	<i>b</i>	<i>se(b)</i>	<i>b</i>	<i>se(b)</i>
(Konstante)	0.282	0.312	0.154	0.208
Erfahrung	0.131	0.063	0.121	0.060
NatWi	0.345	0.287	0.305	0.278
Gymnasium	-0.195	0.375	---	---
Sekundarschule	-0.227	0.423	---	---

7 Diskussion

Vor einer inhaltlichen Diskussion der Ergebnisse müssen methodische Einschränkungen gemacht werden. Zunächst beruhen die Daten auf der Selbstausskunft der befragten Lehrkräfte. Dieses Vorgehen ist zwar gängig (PATZKE & UPMEIER ZU BELZEN, 2012; VAN DRIEL & VERLOOP, 1999), erhöht grundsätzlich aber die Wahrscheinlichkeit sozial erwünschter Antworten (insbesondere aufgrund der zentralen Stellung von Modellen beispielsweise in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss; KMK, 2005). Um dieses Risiko zu verringern, wurde die Intention der Befragung mit Hilfe zusätzlicher Items zum Einsatz von Filmen und Experimenten im Biologieunterricht markiert. Dennoch erlauben die vorliegenden Daten keinen direkten Schluss auf den tatsächlichen Unterricht der Lehrkräfte, sondern lediglich über deren Einschätzung des eigenen Unterrichts (vgl. PHAM, KOCH, HELMKE, SCHRADER, HELMKE, & EID, 2012). Unterrichtsbeobachtungen könnten zeigen, inwieweit die Einschätzung von Lehrkräften eine valide Beschreibung des tatsächlichen Modelleinsatzes im Biologieunterricht ermöglicht.

Die erste Fragestellung bezieht sich auf den von den Lehrkräften angegebenen Einsatz von Modellen entsprechend der Perspektiven des Kompetenzmodells der Modellkompetenz (Tab. 1). Es wurde vermutet, dass die befragten Lehrkräfte grundsätzlich einen starken Modelleinsatz in ihrem Biologieunterricht angeben (*Hypothese 1.1*). Die vorliegenden Daten bestätigen diese Annahme. Insgesamt zeigen sich lediglich sechs Items, bei denen mehr als die Hälfte der befragten Lehrkräfte *kaum* oder *etwas* angegeben haben (Tab. 4). Basierend auf den im 1PL-Modell geschätzten Parametern geben mehr als 90 % der Befragten an, alle drei Perspektiven auf den *Zweck von Modellen ziemlich* oder *sehr* im Biologieunterricht umzusetzen. Dieser Wert liegt für Alternative Modelle bei 30 % (Abb. 2). Die im Kompetenzmodell beschriebenen Perspektiven beim *Zweck von Modellen* werden also scheinbar besonders stark im Biologieunterricht reflektiert, während Gründe für *Alternative Modelle* eher weniger Gegenstand des Unterrichts sind. Letzteres kann als Hinweis

darauf gewertet werden, dass die befragten Lehrkräfte keine elaborierte Vorstellung über multiple Modelle eines Originals besitzen (*uniqueness*; JUSTI & GILBERT, 2003).

Es wurde vermutet, dass die Items zu Niveau III weniger attraktiv sind, als diejenigen der anderen beiden Niveaus (*Hypothese 1.2*). Diese Vermutung kann nicht bestätigt werden. Zwar geben die befragten Lehrkräfte bei den Items zu Niveau II durchschnittlich am häufigsten *ziemlich* oder *sehr* an (Tab. 4), jedoch wird deutlich, dass die relative Attraktivität der Items teilkompetenzspezifisch ausfällt (*Hypothese 1.1*). So antworten die befragten Lehrkräfte zum Beispiel relativ wahrscheinlich mit *ziemlich* oder *sehr* auf die Items E3 ($\sigma_i = -1.71$) und Z3 ($\sigma_i = -1.61$), nicht aber auf das Item A3 ($\sigma_i = 0.68$). Trotzdem können die Befunde dahingehen gedeutet werden, dass die befragten Lehrkräfte angeben, in ihrem Biologieunterricht vergleichsweise stark die unter Niveau III des Kompetenzmodells beschriebene Expertensicht der wissenschaftlichen Nutzung von Modellen für die Erkenntnisgewinnung zu reflektieren. Die Befunde von Khan (2011), wonach Modelle im Unterricht eher selten evaluiert und modifiziert werden, können somit nicht reproduziert werden. Auch die Befunde von Justi und Gilbert (2002), wonach im naturwissenschaftlichen Unterricht nur selten über Modelle reflektiert wird, können für die befragten Lehrkräfte nicht bestätigt werden.

Die zweite Fragestellung nimmt Bezug zu dem Einfluss der Erfahrung, der Unterrichtsfächer und des Schultyps auf den Modelleinsatz im Biologieunterricht. Im Gegensatz zu den Befunden von Van Driel und Verloop (1999, 2002) zeigte sich in der vorliegenden Studie ein positiver Effekt der Erfahrung der Lehrkräfte auf die angegeben Häufigkeit des Modelleinsatzes (Tab. 5; *Hypothese 2.1* widerlegt). Dieses Ergebnis kann unter Umständen mit dem Fokus der vorliegenden Untersuchung erklärt werden. Aufgrund der eindimensionalen Modellierung der Daten spiegeln die Personenfähigkeiten den Modelleinsatz im Biologieunterricht bezüglich der insgesamt abgefragten Perspektiven wider. Eine hohe Personenfähigkeit lässt somit auf einen starken generellen Modelleinsatz schließen, nicht zwangsläufig auf einen im Sinne der Niveaus elaborierten Modelleinsatz.

Lehrkräfte, die neben Biologie eine zweite Naturwissenschaft unterrichten, weisen durchschnittlich eine höhere Personenfähigkeit auf als die übrigen Lehrkräfte (Tab. 5; *Hypothese 2.2* bestätigt). Es kann vermutet werden, dass das zusätzliche Studium der Fächer Chemie oder Physik (und deren Unterricht) ein breites Verständnis über Modelle in den Naturwissenschaften und über die Notwendigkeit von deren Einsatz im Biologieunterricht fördert. Schließlich

wurde vermutet, dass der Schultyp einen Effekt auf den Modelleinsatz hat (*Hypothese 2.3*). Dies kann auf der Basis vorliegender Daten nicht bestätigt werden. Weder Lehrkräfte an Gymnasien noch solche an Sekundarschulen geben einen stärkeren Einsatz von Modellen im Biologieunterricht an als Lehrkräfte an Grundschulen. Damit spiegeln sich die Befunde von Justi und Gilbert (2003) über ein eher naives Modellverständnis von Grundschullehrkräften nicht in den vorliegenden Daten wider. Vielmehr lassen die Daten vermuten, dass die Lehrkräfte die Vorgaben im Berliner Rahmenlehrplan (SENATSV ERWALTUNG, 2013a) für den Einsatz von Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht umzusetzen versuchen.

8 Fazit

Diese Studie zeichnet ein grundsätzlich erfreuliches Bild über den Modelleinsatz im Biologieunterricht der befragten Lehrkräfte. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Befunde auf der Selbstauskunft der Lehrkräfte beruhen und gegebenenfalls zwar die Bereitschaft, nicht aber unbedingt das tatsächliche Handeln beschreiben. Möglicherweise sind die Antworten auch durch sozial erwünschtes Verhalten beeinflusst, was allerdings durch die Maskierung der Fragen reduziert werden sollte. Grundsätzlich wären zuverlässige Informationen über den Modelleinsatz im Unterricht natürlich durch aufwändige Unterrichtsbeobachtungen zu erhalten (vgl. BOROWSKI et al., 2010; TEPNER et al., 2012). Ungeachtet dieser Einschränkung weisen die Befunde dieser Studie darauf hin, dass die befragten Lehrkräfte Modelle breiter und elaborierter in ihrem Biologieunterricht einsetzen, als dies in internationalen Studien berichtet wird (z.B. JUSTI & GILBERT, 2002: Brasilien; KHAN, 2011: Kanada). Dies könnte an den Rahmenplanvorgaben in Deutschland liegen, die einen Modelleinsatz im Biologieunterricht fordern und die Handlungsabsichten von Lehrkräften gegebenenfalls beeinflussen. Die potenzielle Wirkung solcher Steuerungselemente erschwert natürlich den internationalen Vergleich.

Danksagung

Die Autoren danken den Studierenden des Seminars „Entwicklung & Evaluation von Biologieunterricht III“ der Freien Universität Berlin (WiSe 2012/2013) für ihre Beteiligung an der Entwicklung des Fragebogens und an der Datenerhebung. Besonderes Engagement haben hierbei Marcus Kloß, Charlotte Schmidt, Sarah Tieben und Hannes Paulus gezeigt, wobei Letzterer maßgeblich für die erfreulich hohen Zahlen befragter Lehrkräfte verantwortlich ist.

Zitierte Literatur

- BOND, T., & FOX, C. (2001). *Applying the Rasch model*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- BOROWSKI, A., NEUHAUS, B., TEPNER, O., WIRTH, J., FISCHER, H., LEUTNER, D., SANDMANN, A., & SUMFLETH, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN): Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341–349.
- FLEIGE, J., SEEGER, A., UPMEIER ZU BELZEN, A., & KRÜGER, D. (2012). Förderung von Modellkompetenz im Biologieunterricht. *MNU*, 65, 19–28.
- GIERE, R. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago, IL: University Press.
- GILBERT, J. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130.
- GOBERT, J., O'DWYER, L., HORWITZ, P., BUCKLEY, B., LEVY, S., & WILENSKY, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual learning in biology, physics, and chemistry. *International Journal of Science Education*, 33, 653–684.
- GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E., & SMITH, C. (1991). Understanding models and their use in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799–822.
- GRÜNKORN, J., & KRÜGER, D. (2012). Entwicklung und Evaluierung von Aufgaben im offenen Antwortformat zur empirischen Überprüfung eines Kompetenzmodells zur Modellkompetenz. In U. Harms & F. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 5* (S. 9–27). Innsbruck: Studienverlag.
- HALLOUN, I. (2007). Mediated modeling in science education. *Science & Education*, 16, 653–697.
- HAUGWITZ, M., & SANDMANN, A. (2010). Collaborative modelling of the vascular system. *Journal of Biological Education*, 44, 136–140.
- HUSSY, W., SCHREIER, M., & ECHTERHOFF, G. (2013). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Berlin: Springer.
- JUSTI, R., & GILBERT, J. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273–1292.
- JUSTI, R., & GILBERT, J. (2003). Teacher's views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25, 1369–1386.
- KHAN, S. (2011). What's missing in model-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 535–560.
- KRELL, M. (2012). Using polytomous IRT models to evaluate theoretical levels of understanding models and modeling in biology education. *Science Education Review Letters, Theoretical Letters 2012*, 1–5. Verfügbar unter http://edoc.hu-berlin.de/serl/2012-1/PDF/2012_1.pdf
- KRELL, M., CZESKLEBA, A., & KRÜGER, D. (2012). Validierung von Forced Choice-Aufgaben durch Lautes Denken. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 11, 53–70.
- KRELL, M., & KRÜGER, D. (2010). Diagnose von Modellkompetenz: Deduktive Konstruktion und Selektion von geschlossenen Items. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 9, 23–37.
- KRELL, M., & KRÜGER, D. (2011). Forced Choice-Aufgaben zur Evaluation von Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 10, 53–68.
- KRELL, M., UPMEIER ZU BELZEN, A., & KRÜGER, D. (2012). Students' understanding of the purpose of models in different biological contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2), 1–34. Verfügbar unter http://www.ijobed.com/2_2/Moritz-2012.pdf
- KRELL, M., UPMEIER ZU BELZEN, A., & KRÜGER, D. (2013). Students' Levels of Understanding Models and Modelling in Biology: Global or Aspect-Dependent? *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-013-9365-y

- Kubinger, K. (2006). Ein Update der Definition von Objektiven Persönlichkeitstests: Experimentalpsychologische Verhaltensdiagnostik. In T. M. Ortner, R. T. Proyer, & K. D. Kubinger (Eds.), *Theorie und Praxis objektiver Persönlichkeitstests* (pp. 38–52). Bern: Huber.
- LAUBICHLER, M., & MÜLLER, G. (Hrsg.). (2007). *Modeling biology*. Cambridge, MA: MIT.
- LINACRE, J. (2002). Understanding Rasch measurement. *Journal of Applied Measurement*, 3, 85–106.
- MAHR, B. (2008). Ein Modell des Modellseins: Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In U. Dirks & E. Knobloch (Hrsg.), *Modelle* (S. 187–218). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- PATZKE, C., & UPMEIER ZU BELZEN, A. (2012). Entwicklung von Modellkompetenz und entsprechende Lerngelegenheiten im Biologieunterricht. In D. Elster, A. Schultz-Siatkowski, & F. Wischmann (Hrsg.), *14. Frühjahrsschule 2012: Fachsektion Didaktik der Biologie im Verband für Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin* (pp. 104–105). Aachen: Shaker Verlag.
- PHAM, G., KOCH, T., HELMKE, A., SCHRADER, F.-W., HELMKE, T., & EID, M. (2012). Do teachers know how their teaching is perceived by their pupils? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3368–3374.
- PRENZEL, M., HÄUßLER, P., ROST, J., & SENKBEIL, M. (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? *Unterrichtswissenschaft*, 30, 120–135.
- ROST, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion*. Bern: Huber.
- SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BRD (KMK) (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. München & Neuwied: Wolters Kluwer.
- SENATSVERWALTUNG FÜR BILDUNG, JUGEND UND WISSENSCHAFT BERLIN (SENATSVERWALTUNG) (Hrsg.). (2013a). Rahmenlehrplan Grundschule. Naturwissenschaften. Verfügbar unter <http://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/lehrplaene/>
- SENATSVERWALTUNG (Hrsg.). (2013b). *Blickpunkt Schule. Schuljahr 2012/2013*. Verfügbar unter http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/bildungsstatistik/blickpunkt_schule_2012_13.pdf?download.html
- TEPNER, O., BOROWSKI, A., DOLLNY, S., FISCHER, H., JÜTTNER, M., KIRSCHNER, S., ... (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7–28.
- TERZER, E. (2013). *Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht* (Dissertation). Humboldt Universität zu Berlin. Verfügbar unter <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/terzer-eva-2012-12-19/PDF/terzer.pdf>
- TRIER, U., & UPMEIER ZU BELZEN, A. (2009). „Wissenschaftler nutzen Modelle, um etwas Neues zu entdecken, und in der Schule lernt man einfach nur, dass es so ist.“ Schülervorstellungen zu Modellen. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 8, 23–38.
- UPMEIER ZU BELZEN, A., & KRÜGER, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- UPMEIER ZU BELZEN, A., & KRÜGER, D. (2013). Modellhaft: Aufbau von Modellkompetenz im Sachunterricht. *Grundschule*, 6, 2013.
- VAN DRIEL, J., & VERLOOP, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 1141–1153.
- VAN DRIEL, J., & VERLOOP, N. (2002). Experienced teacher's knowledge of teaching and learning of models and modeling in science education. *International Journal of Science Education*, 24, 1255–1277.
- WU, M., ADAMS, R., WILSON, M., & HALDANE, S. (2007). *ACER ConQuest*. Camberwell, Vic: ACER.



Anhang

Items des Fragebogens zu den vier Teilkompetenzen Eigenschaften, Alternative, Testen und Ändern (Skala: *kaum – etwas – ziemlich – sehr*; vgl. Abb. 1).

Wie stark treffen die folgenden Aussagen auf Ihren Biologieunterricht zu?

In meinem Biologieunterricht ...

- | | |
|----|--|
| E1 | ... erkläre ich den SuS, dass Modelle möglichst genaue Abbildungen vom Original sind.
<i>Bsp.: Ich erkläre SuS, dass in einem Modell der Kirschblüte die Lage der Blütenorgane möglichst genau nachgebildet ist.</i> |
| E2 | ... weise ich die SuS darauf hin, dass Modelle idealisierte Originale sind.
<i>Bsp.: Ich weise SuS darauf hin, dass in Zellmodellen die Lage der Organellen idealisiert ist.</i> |
| E3 | ... erläutere ich den SuS, dass Modelle theoretische Annahmen über etwas repräsentieren.
<i>Bsp.: Ich erkläre SuS, dass ein DNS-Modell die Annahmen darüber zeigt, wie die DNS aufgebaut sein kann.</i> |
| A1 | ... weise ich die SuS darauf hin, dass verschiedene Modelle eines Sachverhalts sich in ihrer Beschaffenheit unterscheiden.
<i>Bsp.: Ich zeige SuS, dass sich verschiedene Herz-Modelle hinsichtlich ihrer Farben und Größen unterscheiden.</i> |
| A2 | ... stelle ich den SuS verschiedene Modelle zu einem Sachverhalt vor, um zu verdeutlichen, dass verschiedene Modelle unterschiedliche Aspekte eines Sachverhalts zeigen.
<i>Bsp.: Ich erkläre an einem Torso und einem Funktionsmodell der Lunge, dass diese unterschiedliche Aspekte der Lunge zeigen.</i> |
| A3 | ... stelle ich verschiedene Hypothesen über einen Sachverhalt vor und ordne diese den jeweiligen Modellen zu.
<i>Bsp.: Ich stelle verschiedene Modelle der Zellmembran vor und vergleiche die Annahmen über den Transport von Teilchen durch die Membran, die diesen Modellen zugrunde liegen.</i> |
| T1 | ... zeige ich den SuS, dass das Testen eines Modells darin besteht, dessen Beschaffenheit zu prüfen.
<i>Bsp.: Ich zeige SuS, dass das Herz-Modell getestet werden kann, indem man die Stabilität seiner mechanischen Teile prüft</i> |
| T2 | ... erkläre ich den SuS, dass man die Qualität eines Modells prüft, indem man es mit dem Original vergleicht.
<i>Bsp.: Ich erkläre SuS, inwiefern ein Knetmodell des Neurons vom echten Neuron abweicht.</i> |
| T3 | ... zeige ich, dass man Modelle testet, indem man aus ihnen Annahmen über das Original ableitet und prüft.
<i>Bsp.: Ich nutze das Domino-Modell der Erregungsleitung, um SuS zu zeigen, wie eine Hypothese über die Erregungsleitung in myelinisierten und nicht myelinisierten Nerven mit dem Modell getestet werden kann.</i> |
| Ä1 | ... demonstriere ich den SuS, dass man Modelle ändert, wenn man Mängel in ihrer Beschaffenheit feststellt.
<i>Bsp.: Ich erkläre SuS, dass man ein Funktionsmodell der Lunge ändert, wenn sich Bauteile ständig ablösen.</i> |
| Ä2 | ... thematisiere ich, dass Modelle verändert werden, wenn es neue Erkenntnisse über das Original gibt.
<i>Bsp.: Ich erkläre die Änderung vom alten zum neuen Zungenmodell mit neuen Erkenntnissen über eine fünfte Geschmacksrichtung.</i> |
| Ä3 | ... erläutere ich den SuS, dass Modelle revidiert werden, wenn aus ihnen abgeleitete Annahmen falsch sind.
<i>Bsp.: Ich erkläre SuS, dass frühe Membran-Modelle verändert wurden, weil sich die aus ihnen abgeleiteten Annahmen über Transportmechanismen nicht hinreichend gut erklären ließen.</i> |
-