

Grünkorn, Juliane; Lotz, Alexander; Terzer, Eva

Erfassung von Modellkompetenz im Biologieunterricht

formal und inhaltlich überarbeitete Version der Originalveröffentlichung in:

formally and content revised edition of the original source in:

Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU) 67 (2014) 3, S. 132-138



Bitte verwenden Sie in der Quellenangabe folgende URN oder DOI /

Please use the following URN or DOI for reference:

urn:nbn:de:0111-pedocs-125362

10.25656/01:12536

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-125362>

<https://doi.org/10.25656/01:12536>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Erfassung von Modellkompetenz im Biologieunterricht

Juliane Grünkorn, Alexander Lotz, Eva Terzer

Grundlage für kompetenzorientiertes Unterrichten sind Informationen über den aktuellen Kompetenzstand der Schüler. Für Modellkompetenz im Biologieunterricht schlägt der vorliegende Beitrag ein Raster zur Selbsteinschätzung für Lernende und einen Diagnosebogen vor, den Lehrkräfte zur Erfassung und Einordnung von Schüleraussagen anhand eines Kategoriensystems nutzen können.

1 Einleitung

Das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts, Fachwissen zu vermitteln, kann erreicht werden, wenn Modelle als Medien eingesetzt werden (HENZE, VAN DRIEL & VERLOOP, 2007). Lehrkräfte können mit Modellen demonstrieren, wie etwas funktioniert, und komplexe wissenschaftliche Konzepte anschaulich erklären, so dass sie für Schüler zugänglich sind (OH & OH, 2011). Mit dem Einsatz von Modellen als Medien wird ihr Potential jedoch nicht ausgeschöpft. Vor allem die Entwicklung und Anwendung von Modellen bieten weitere, vielfältige Lernmöglichkeiten (MORRISON & MORGAN, 1999). Sowohl mit der Entwicklung als auch der Anwendung von Modellen sind spezifische Lernprozesse im Bereich der Erkenntnisgewinnung verbunden, die im naturwissenschaftlichen Unterricht dazu beitragen, etwas über die Naturwissenschaften und ihre Methoden zu erfahren (HENZE et al., 2007). Der vorliegende Beitrag soll helfen, diese Kompetenzen zu entwickeln. Dazu stellt dieser Beitrag ein erprobtes Raster vor, das Lernenden lernbegleitend Rückmeldungen zu ihrem Kompetenzstand gibt und sie auf diese Weise darin unterstützt, ihren Lernprozess zielgerichtet zu strukturieren. Darüber hinaus wird gezeigt, wie durch den Einsatz eines Diagnosebogens die Modellkompetenz von Lernenden auf alltagstaugliche Art und Weise erfasst und mithilfe eines Kategoriensystems zur Modellkompetenz eingeordnet werden kann.

2 Schülerperspektiven auf Modelle und Modellbildung im Kontext Biologieunterricht

Das Kompetenzmodell der Modellkompetenz von UPMEIER ZU BELZEN und KRÜGER (2010) bildet einen Ausgangspunkt dafür, Ziele für den Umgang mit Modellen zu konkretisieren, Diagnosen einzuordnen und gezielte Fördermaßnahmen zur Entwicklung von Modellkompetenz im Biologieunterricht zu planen. Dieses Kompetenzmodell umfasst die Teilkompetenzen „Eigenschaften von Modellen“, „Alternative Modelle“, „Zweck von Modellen“, „Testen von Modellen“ und „Ändern von Modellen“. Diese Inhalte graduieren UPMEIER ZU BELZEN und KRÜGER (2010) in drei Niveaus. Niveau I und II bilden eine mediale Perspektive auf Modelle mit einem naiv-realistischen bzw. relativistischen Wissenschaftsverständnis ab. Niveau III bezieht sich auf die methodische Perspektive auf Modelle und ein konstruktivistisch geprägtes Wissenschaftsverständnis. Damit schafft das Kompetenzmodell Anknüpfungspunkte für eine Erfassung von bereits verfügbaren Kompetenzen der Schüler sowie für eine gezielte Förderung.

2.1 Kategoriensystem zur Einordnung von Schüleraussagen

GRÜNKORN, UPMEIER ZU BELZEN und KRÜGER (2014) haben verschiedene Perspektiven auf Modelle und Modellbildung (Tab. 1-5) in einer Studie mit 1177 Lernenden (7.-10. Jahrgangsstufe, Gymnasien) in Berlin erhoben. Diese Studie hat Aufgaben im offenen Antwortformat eingesetzt, die sich auf verschiedene biologische Situationen beziehen. Für die Auswertung der Aufgaben wurde ein Kategoriensystem entwickelt, welches verschiedene Perspektiven von Lernenden auf Modelle und Modellbildung als Kategorien beschreibt (GRÜNKORN et al., 2014). Diese Kategorien sind innerhalb der jeweiligen Teilkompetenz nach steigender Komplexität strukturiert (Tab. 1-5). Das hier gezeigte Kategoriensystem (Tab. 1-5) ist soweit für schulische Zwecke reduziert, dass mit großer Wahrscheinlichkeit mit Aussagen in den präsentierten Kategorien gerechnet werden kann. Lehrkräfte können dieses Kategoriensystem dazu nutzen, sich grundsätzlich mit verschiedenen Schülerperspektiven über Modelle und Modellbildung auseinanderzusetzen. Darüber hinaus dient es dazu, das Niveau von Schüleraussagen einzuschätzen.

2.2 Zentrale Schülerperspektiven

Die Ergebnisse von GRÜNKORN et al. (2014) zeigen, dass Schüler im Gegensatz zu wissenschaftlich Tätigen Modelle vorwiegend als Medien und weniger als Mittel zur Erkenntnisgewinnung verstehen. Die hier beschriebenen Befunde zu Vorstellungen von Lernenden stimmen mit anderen nationalen (z. B. TERZER, PATZKE & UPMEIER ZU BELZEN, 2012, TRIER & UPMEIER ZU BELZEN, 2009) und internationalen Studien (z. B. CAREY, EVANS, HONDA, JAY & UNGER, 1989, GROSSLIGHT, UNGER, JAY & SMITH, 1991) überein und zeigen, dass ein Förderbedarf besteht.

2.2.1 Eigenschaften von Modellen

Verbreitete Schülervorstellungen zur Frage, inwiefern die gezeigten Modelle mit dem Original vergleichbar wären, sind, dass Modelle maßstabsgetreue Kopien der Originale darstellen (Tab. 1. „Modell als Kopie“) oder dass Modelle den Originalen sehr ähnlich sehen (Tab. 1. „Modell mit großer

Ähnlichkeit“). Lernende begründen diese Vorstellung häufig mit einem großen Vertrauen gegenüber der Arbeit von Wissenschaftlern: »... weil bestimmt viele Biologen an diesem Modell gearbeitet haben. Diese Leute kennen sich bestimmt mit so was aus, also glaube ich schon, dass er [der Neandertaler] so aussah« (Schülerin, 7. Klasse). Weniger verstehen Lernende Modelle als idealisierte Repräsentationen, die bestimmte Merkmale oder Eigenschaften des Originals hervorheben oder sehen Modelle als hypothetische Rekonstruktionen, denen Hypothesen zugrunde liegen (Tab. 1).

Tab. 1. Schülerperspektiven der Teilkompetenz „Eigenschaften von Modellen“

Kategorienname	Beispielantworten
Niveau I	
Modell als Kopie	Das Modell sieht genauso aus wie das Original und gleicht ihm in allen Eigenschaften. Das Modell ist eine vergrößerte/verkleinerte Kopie des Originals.
Modell mit großer Ähnlichkeit	Das Modell ähnelt dem Original in fast allen Eigenschaften. Bestimmte Eigenschaften des Originals sind vom Modellierer nicht gut umgesetzt worden oder entsprechen nicht meinen Vorstellungen.
Niveau II	
Modell ist in Teilen eine Kopie	Das Modell gleicht nur in bestimmten Merkmalen dem Original. Andere Merkmale sind für den Modellierer nicht bekannt und können daher nicht beurteilt werden.
Modell als fokussierte Darstellung	Das Modell ist vereinfacht, d. h. nur bestimmte Merkmale sind dargestellt und hervorgehoben. Andere Merkmale sind nicht gezeigt.
Niveau III	
Modell als hypothetische Darstellung	Das Modell stellt eine Idee/Hypothese über das Original dar. Eine Ähnlichkeit zwischen Original und Modell ist möglich.

2.2.2 Alternative Modelle

Mit Bezug auf die Teilkompetenz „Alternative Modelle“ begründen Lernende die Existenz verschiedener Modelle zu einem Original meistens damit, dass Modelle unterschiedliche Eigenschaften haben, wie beispielsweise unterschiedliche Farben oder aus unterschiedlichen Materialien bestehen (Tab. 2, „Unterschiedliche Modellobjekteigenschaften“). An dieser Stelle beziehen sich Lernende nur auf das gegenständliche Modell und lassen die Hypothese über das Original, die diesem Modell zugrunde liegt, außer Acht. Viele Lernende begründen alternative Modelle zu einem Original aber auch mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten/Blickwinkeln (Struktur oder Funktion, Innen- oder Außenansicht), die der Modellierer präsentieren möchte. Eine Schülerin (10. Klasse) schreibt: »Da in einem Modell häufig nicht alle Aspekte berücksichtigt werden können, ... muss man mehrere Modelle erstellen. Im Modell A wird beispielsweise der Aufbau vermittelt ...«. Hier stellt die Schülerin einen Bezug zum Original her, erkennt die Komplexität des Originals an und versteht, dass mit einem Modell nicht alle Aspekte eines Originals repräsentiert werden können (Tab. 2. „Unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte“). Die Perspektive, dass Modelle verschiedene Hypothesen über das Original darstellen, zeigen Lernende seltener (Tab. 2).

Tab. 2. Schülerperspektiven der Teilkompetenz „Alternative Modelle“

Kategorienname	Beispielantworten
Basales Niveau	
Verschiedene Modelle zu unterschiedlichen Originalen	Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil jedes Modell ein anderes Original repräsentiert.
Nur ein endgültiges und richtiges Modell	Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil nur eines der alternativen Modelle korrekt ist und die anderen falsch sind. Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil diese Modelle den historischen Entwicklungsprozess zeigen sollen und nur eines dieser Modelle das endgültige und richtige Modell ist.
Niveau I	
Unterschiedliche Modellobjekteigenschaften	Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil die Modelle unterschiedlich gebaut sind (2-D/3-D, verschiedene Farben, verschiedene Materialien). Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil die Modelle unterschiedliche Eigenschaften haben (beweglich/unbeweglich, weich/hart).
Niveau II	
Unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte	Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil das Original komplex ist und verschiedene Modelle notwendig sind, um unterschiedliche Perspektiven auf das Original zu zeigen (u. a. innen/außen, Längs- /Querschnitt, Struktur/Funktion, verschiedene Ausschnitte bzw. Zustände des Originals).
Niveau III	
Unterschiedliche Annahmen	Es gibt verschiedene Modelle zu einem Original, weil aus den Untersuchungen am Original unterschiedliche Vermutungen/Hypothesen/Ideen abgeleitet werden können.

2.2.3 Zweck von Modellen

Den Zweck von Modellen sehen Lernende darin, Merkmale des Originals (Tab. 3. „Modell zum Darstellen eines Sachverhalts“) zu veranschaulichen. So schreibt ein Schüler (10. Klasse), dass der Zweck eines gezeigten Wald-Modells darin besteht, »die verschiedenen Pflanzen, die [in] einem Wald vorkommen« zu veranschaulichen. Dieser Schüler beschreibt nicht, dass mit dem Modell auch Zusammenhänge oder Prozesse erklärt werden können. Diese Perspektive (Tab. 3. „Modell zum Erkennen/Erklären von Zusammenhängen“) ist ebenfalls prominent unter Lernenden, wie eine Schülerin (8. Klasse) zeigt: »... Außerdem wird auch erklärt, dass das [Meer-]Modell eine Kreislaufkette ist. Also die Pflanzen können nicht ohne den Sauerstoff und das Wasser, die Fische können nicht ohne die Pflanzen leben.« Auch hier zeigt sich, dass Modelle eher als Medien zur Veranschaulichung verstanden werden. Wenige Lernende erkennen, dass Modelle zudem als Mittel zur Erkenntnisgewinnung geeignet sind, mit denen Ideen bzw. Hypothesen untersucht werden können, um neue Erkenntnisse über das Original zu gewinnen (Tab. 3).

Tab. 3. Schülerperspektiven der Teilkompetenz „Zweck von Modellen“

Kategorienname	Beispielantworten
Niveau I	
Modell zum Darstellen eines Sachverhaltes	Das Modell hat den Zweck, Merkmale/Sachverhalte des Originals darzustellen.
Niveau II	
Modell zum Erkennen/ Erklären von Zusammenhängen	Das Modell hat den Zweck, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aspekten im Original zu erklären und bekannte Tatsachen nachzuvollziehen.
Niveau III	
Modell zum Überprüfen von Ideen	Das Modell hat den Zweck, Voraussagen über das Original abzuleiten. Das Modell hat den Zweck, Hypothesen über das Original zu prüfen und Schlüsse über das Original zu ziehen. Das Modell hat den Zweck, Erkenntnisse über das Original auf andere Phänomene zu übertragen.

2.2.4 Testen von Modellen

Bei der Frage, wie Modelle getestet werden, überprüfen Schüler Modelle häufig aus einer medialen Perspektive heraus, indem sie die Ähnlichkeit zwischen Modell und Original vergleichen (Tab. 4. „Vergleich zwischen Modell und Original“) und deren Übereinstimmung bewerten (Tab. 4. „Vergleich und Passung zwischen Modell und Original“). Einige Lernende überprüfen zudem am gegenständlichen Modell, ob das Material geeignet ist (Tab. 4. „Überprüfung des Materials“) oder ob technische Anforderungen für den Einsatz des Modells erfüllt sind (Tab. 4. „Überprüfung der Grundvoraussetzungen“). Selten nutzen Lernende Modelle, um Ideen oder Hypothesen zu überprüfen (Tab. 4). Bei Schülerantworten lässt sich des Öfteren eine Schritt-für-Schritt-Prozedur erkennen, die verschiedene Perspektiven und Niveaus widerspiegeln, wie eine Schülerin (8. Klasse) zeigt: »Als erstes überprüft man, ob das Modell überhaupt fliegen kann. Dann schaut man, welche Oberflächenstruktur vorhanden ist und vergleicht sie mit dem Modell. Danach schaut man, ob alle Bestandteile vorhanden sind. Wenn das O.K. ist, stellt man Vermutungen über die Orientierung des Käfers an ...«.

Tab. 4. Schülerperspektiven der Teilkompetenz „Testen von Modellen“

Kategorienname	Beispielantworten
Basales Niveau	
Keine Testung des Modells	Eine Testung des Modells bzw. mit dem Modell ist unnötig.
Niveau I	
Überprüfung des Materials	Das Modell wird getestet, indem das Material auf Widerstandsfähigkeit (u. a. Beweglichkeit, Stabilität, Elastizität) überprüft wird.
Überprüfung der Grundvoraussetzungen	Das Modell wird getestet, indem geprüft wird, ob technische Anforderungen (z. B. das Fliegen bei einem Vogel-Modell) für den Einsatz des Modells erfüllt sind.
Niveau II	
Vergleich zwischen Original und Modell	Das Modell wird getestet, indem es mit dem Original verglichen (Struktur und/oder Funktion) wird.
Vergleich und Passung zwischen Original und Modell	Das Modell wird getestet, indem geprüft wird, ob das Modell in den notwendigen Merkmalen (Struktur und/oder Funktion) mit dem Original übereinstimmt.
Niveau III	
Überprüfung von Hypothesen	Das Modell wird angewendet, um in einer Untersuchung mit dem Modell, eine Hypothese über das Original zu überprüfen und Erkenntnisse über das Original zu gewinnen.

Diese Schülerin überprüft zunächst, ob die Voraussetzungen für den Einsatz des Käfer-Modells erfüllt sind (Niveau I, Kategorie „Überprüfung der Grundvoraussetzungen“). Ein bewertender Vergleich des Modells mit dem Original erfolgt im zweiten und dritten Satz (Niveau II, Kategorie „Vergleich und Passung zwischen Original und Modell“). Die Aussage der Schülerin endet mit dem Hinweis, dass mit dem Modell Vermutungen über das Original geprüft werden (Niveau III, Kategorie „Überprüfung von Hypothesen“).

2.2.5 Ändern von Modellen

Eine prominente Schülerperspektive für die Teilkompetenz „Ändern von Modellen“ ist, dass Modelle geändert werden, wenn sie in Struktur und/oder Funktion nicht mit dem Original übereinstimmen (Tab. 5. „Ändern bei mangelnder Passung mit dem Original“). Bei Lernenden zählt an dieser Stelle eine genaue Übereinstimmung zwischen Original und Modell ungeachtet des Zwecks des Modells, für den es gebaut wurde. Der Zweck ist jedoch zentral, um Modelle angemessen zu beurteilen. Eine weitere zentrale Perspektive ist, dass Schüler Modelle ändern, um sie technisch besser auszustatten oder um sie funktionsfähiger zu machen. Das Original als auch der Zweck des Modells bleiben hier unbeachtet (Tab. 5. „Ändern zur Verbesserung des Modellobjekts“). Wie bei der Teilkompetenz „Testen von Modellen“ ist auch hier eine Schritt-für-Schritt-Prozedur bei Lernenden zu erkennen. Ein Schüler (7. Klasse) formuliert, dass das gezeigte Libellen-Modell dann verändert werden muss, »wenn es erst gar nicht fliegt oder wenn es nicht wie eine Libelle fliegen kann«. Für den Lernenden ist somit eine Änderung am Modell notwendig, wenn (a) die Voraussetzungen für den Einsatz des Modells nicht erfüllt sind (Niveau I, Kategorie „Ändern bei Nichterfüllung der Grundvoraussetzungen“) und wenn (b) das Modell nicht mit dem Original übereinstimmt (Niveau II, Kategorie „Ändern bei mangelnder Passung mit dem Original“). Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass nur wenige Lernende Modelle als Mittel zur Erkenntnisgewinnung in Betracht ziehen, so dass diese geändert werden, weil sich Hypothesen, die mit ihrer Hilfe aufgestellt und untersucht werden konnten, als nicht haltbar erwiesen haben (Tab. 5).

Tab. 5. Schülerperspektiven der Teilkompetenz „Ändern von Modellen“

Kategorienname	Beispielantworten
Basales Niveau	
Kein Anlass für eine Änderung	Modelle sind endgültig und werden nicht verändert.
Ändern zur Darstellung unterschiedlicher Originale	Modelle werden verändert, weil es unterschiedliche Originale gibt und jedes Original durch ein Modell repräsentiert werden muss.
Niveau I	
Ändern zur Verbesserung des Modellobjekts	Modelle werden verändert, damit das Modell funktionsfähiger (z. B. bessere Technik) und ästhetischer wird.
Ändern bei Nichterfüllung der Grundvoraussetzungen	Modelle werden verändert, um Materialfehler im Modell zu beheben. Modelle werden verändert, wenn sie nicht die technischen Anforderungen (z. B. das Fliegen bei einem Vogel-Modell) für den Einsatz erfüllen.
Niveau II	
Ändern bei mangelnder Passung mit dem Original	Modelle werden verändert, wenn sie nicht mit dem Original übereinstimmen (Struktur und/oder Funktion).
Ändern bei neuen Erkenntnissen über das Original	Modelle werden verändert, wenn neue Informationen/Erkenntnisse über das Original im Modell berücksichtigt werden sollen.
Niveau III	
Ändern bei Erkenntnissen aus Modellexperimenten	Modelle werden verändert, wenn auf der Grundlage von Ergebnissen aus einem Experiment mit Modellen, die Hypothese über das Original falsifiziert wurde.

2.2.6 Basale Perspektiven

Neben diesen zentralen Perspektiven auf Modelle und Modellbildung gibt es einige Schüler, die basale Perspektiven (Tab. 2, 4 und 5) zeigen, die für die Unterrichtsplanung ebenfalls relevant sind. So bezweifeln einige Lernende die Existenz alternativer Modelle zu einem Original. Sie begründen beispielsweise verschiedene Modelle zu einem Original damit, dass diese Modelle unterschiedliche Originale repräsentieren, obwohl deutlich hervorgehoben wird, dass es Modelle zu einem Original sind (Tab. 2. „Verschiedene Modelle zu unterschiedlichen Originalen“). Andere beurteilen Modelle

nach ihrer Richtigkeit. Wiederum andere begründen eine Vielzahl von Modellen zu einem Original mit einer historischen Abfolge, von denen aber nur eines der Modelle das endgültige und richtige Modell ist (Tab. 2. „Nur ein endgültiges und richtiges Modell“). So begründet ein Schüler (9. Klasse) die Existenz alternativer Modelle zur Biomembran wie folgt: *»Ich denke, dass zwei Modelle sehr alte Modelle sind. Zu dieser Zeit hatte man noch nicht alle Informationen, wie man sie heute hat. Die stimmen nicht mehr. Das eine Modell ist aber das endgültige Modell, was auch stimmt. Ich habe es in meinem Buch gesehen und auch so gelernt.«* Diese Aussage zeigt, dass ein reflektierter Umgang mit historischen Modellen im Unterricht wichtig ist, sodass nicht der Eindruck entsteht, dass Modelle endgültig sind, sobald sie einen längeren Prozess durchlaufen haben und in Büchern dokumentiert sind. Auch für die Teilkompetenzen „Testen“ und „Ändern von Modellen“ lassen sich basale Perspektiven beschreiben, in denen Lernende ein Testen (Tab. 4. „Keine Testung des Modells“) und Ändern von Modellen (Tab. 5. „Kein Anlass für eine Änderung“) ablehnen.

3 Instrumente zur Erfassung von Modellkompetenz in der Schule

Zum einen wurde ein Diagnosebogen konzipiert (Abb. 1), der Vorstellungen zu Modellen erfasst. Hierzu beenden die Schüler vorgegebene Satzanfänge (vgl. GROPENGIESSER, 1996), die sich auf die einzelnen Teilkompetenzen von Modellkompetenz beziehen. Die Satzanfänge sind in Anlehnung an Interviewfragen von GROSSLIGHT et al., (1991) formuliert, die ebenfalls Schüler zu Modellen befragt haben. Die Antworten auf den Diagnosebogen können mit Hilfe des vorgestellten Kategoriensystems (Tab. 1-5) ausgewertet werden, sodass eine Einschätzung der Modellkompetenz möglich ist (vgl. KUNTER & KLUSMANN, 2010).

Zum anderen wurde ein Kompetenzraster entwickelt (Tab. 6), mit dem Schüler ihre Modellkompetenz mit Blick auf ein konkretes Unterrichtsthema selbst einschätzen können. Gleichzeitig erfahren sie bei der Arbeit mit dem Kompetenzraster, welches Entwicklungspotential sie noch haben. Die Formulierung der »Ich kann«-Beschreibungen beruht auf dem Kategoriensystem von GRÜNKORN et al. (2014), der Operationalisierung von Modellkompetenz in Multiple-Choice Items (TERZER, HARTIG & UPMEIER ZU BELZEN, 2013) sowie Vorstellungen von Lernenden, die diese während der Bearbeitung von Multiple-Choice Items mit der Methode des lauten Denkens geäußert haben (TERZER et al., 2012). Tabelle 6 zeigt allgemein gehaltene Formulierungen, die auf den jeweiligen Unterrichtsinhalt angepasst werden. Die Aussage *»Ich kann Eigenschaften beschreiben, in denen Modell und Original sich gleichen«* kann z. B. in Bezug auf eine Unterrichtseinheit zur Biomembran spezifisch als *»Ich kann Eigenschaften beschreiben, in denen Fluid-Mosaik-Modell und Biomembran sich gleichen«* formuliert werden. Das Kompetenzraster bietet die Möglichkeit, den Lernenden Rückmeldungen über den Lernstand zu geben. Auf diese Weise können subjektive Sichtweisen bzw. Selbstkonzepte der Lernenden dokumentiert werden (vgl. KUNTER & KLUSMANN, 2010).

In den kommenden Wochen werden Sie im Biologieunterricht mit Modellen arbeiten.
 Beenden Sie folgende Satzanfänge möglichst ausführlich. Sollten Sie einen Satzanfang nicht beenden können, begründen Sie bitte möglichst ausführlich, warum nicht.
 Ihre Antworten werden nicht bewertet.

Die Beziehung zwischen Modell und Original besteht darin, dass ...
 Mehrere Modelle zu einem Original sind sinnvoll, weil ...
 Modelle dienen dazu, dass ...
 Modelle überprüft man, indem ...
 Modelle werden verändert, weil ...

Abb. 1. Diagnosebogen

Tabelle 6: Kompetenzraster zur Modellkompetenz

Teilkompetenzen		Steigende Komplexität				
Eigenschaften von Modellen	Ich kann Eigenschaften beschreiben, in denen Modell und Original sich gleichen.	Ich kann Eigenschaften beschreiben, in denen Modell und Original sich unterscheiden.	Ich kann Eigenschaften beschreiben, die im Modell vereinfacht dargestellt sind.	Ich kann die jeweilige Hypothese formulieren, die einem bestimmten Modell zugrunde liegt.		
Alternative Modelle	Ich kann beschreiben, inwiefern sich verschiedene Modelle in ihren gegenständlichen Eigenschaften (z. B. Farben, Materialien) unterscheiden.	Ich kann beschreiben, inwiefern sich verschiedene Modelle in ihren inhaltlichen Schwerpunkten (z. B. Funktion/Struktur, innen/außen, Längs-/Querschnitt) unterscheiden.		Ich kann die jeweiligen Hypothesen formulieren, die unterschiedlichen Modellen zugrunde liegen.		
Zweck von Modellen	Ich kann mit dem Modell die Merkmale des Originals veranschaulichen.	Ich kann mit dem Modell Zusammenhänge im Original erklären.		Ich kann mit dem Modell Vorhersagen über das Original ableiten.	Ich kann mit dem Modell Hypothesen über das Original überprüfen.	Ich kann mit dem Modell Erkenntnisse über das Original auf andere Phänomene übertragen.
Testen von Modellen	Ich kann das Modell testen, indem ich das Material auf Widerstandsfähigkeit überprüfe.	Ich kann das Modell testen, indem ich überprüfe, ob technische Anforderungen für den Einsatz (z. B. das Fliegen bei einem Vogelmodell) erfüllt sind.	Ich kann das Modell testen, indem ich überprüfe, welche Teile des Modells welchen Teilen des Originals entsprechen.	Ich kann das Modell testen, indem ich überprüfe, ob das Modell mit dem Original in notwendigen Merkmalen übereinstimmt.	Ich kann ein Modell anwenden, um mit dem Modell eine Hypothese über das Original zu überprüfen und Erkenntnisse über das Original zu gewinnen.	
Ändern von Modellen	Ich kann ein Modell so verändern, dass Fehler im Modell (z. B. Materialmängel) verbessert sind.	Ich kann ein Modell so verändern, dass technische Anforderungen (z. B. das Fliegen bei einem Vogelmodell) für den Einsatz erfüllt sind.	Ich kann ein Modell so verändern, dass es mit dem Original übereinstimmt.	Ich kann ein Modell so verändern, dass neue Informationen über das Original in das Modell einbezogen sind.	Ich kann ein Modell auf der Grundlage von Ergebnissen aus einem Experiment mit dem Modell so verändern, dass es zu einer daraufhin veränderten Hypothese über das Original passt.	

4 Einsatz der Instrumente

Ein Thema im Biologieunterricht, in dem Modelle eine zentrale Rolle spielen, ist die Biomembran. Im Forschungsprozess dienen Modelle zur Biomembran dazu, unterschiedliche Vorstellungen zu präsentieren und tragen gleichzeitig dazu bei, neues Wissen über die Biomembran zu generieren. Hierzu gibt es bereits in Schulbüchern eine Fülle von bewährten Unterrichtsmaterialien. Aus diesem Grund wurden die hier vorgestellten Instrumente in einer Unterrichtseinheit zum Thema Biomembran in der 12. Jahrgangsstufe mehrfach eingesetzt und auf ihre Praktikabilität getestet.

Vor Beginn der Unterrichtseinheit füllen die Lernenden den Diagnosebogen aus, so dass die Gestaltung des Unterrichts auf ihre verfügbare Modellkompetenz abgestimmt werden kann. Da die Auswertung des Diagnosebogens anhand des Kategoriensystems (Tab. 1-5) von der Lehrkraft vorgenommen und die Unterrichtseinheit nach den Einschätzungen darauf abgestimmt wird, ist zu empfehlen, hierfür genug Zeit einzuplanen. Vor dem Einsatz des Diagnosebogens sollte die Lehrkraft den Lernenden dessen Intention transparent machen. Diese besteht darin, die erfassten Schülerperspektiven zu nutzen, um den Unterricht passgenauer zu planen und nicht um die Schüler zu bewerten.

Die Vorstellungen, die Lernende in ihren Antworten auf den Diagnosebogen nennen, bewegen sich häufig auf Niveau I und decken sich in ihren Schwerpunkten mit denen, die im Abschnitt 2.2 beschrieben werden. Schwierigkeiten treten zum Teil in der Beendigung von Satzanfängen auf. Dies ist insbesondere bei der Teilkompetenz „Eigenschaften von Modellen“ und vereinzelt bei der Teilkompetenz „Ändern von Modellen“ zu beobachten. Lernende, die diese Probleme haben, zeigen in den Formulierungen der anderen Teilkompetenzen häufig eine geringe Ausprägung von Modellkompetenz. Schwierigkeiten bzw. Unsicherheiten seitens der Schüler, Erklärungen für Änderungsprozesse bei Modellen zu formulieren, beschreiben auch Studien von GROSSLIGHT et al. (1991) und GRÜNKORN et al. (2014), in denen Lernende z. T. sehr vage Erklärungen geben. Die Ergebnisse des Diagnosebogens kann die Lehrkraft im Unterricht als prominente Vorstellungen zusammenfassen und diese der wissenschaftlichen Sicht auf Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung gegenüberstellen. An dieser Stelle ist von wertenden Formulierungen abzusehen. Zudem ist es sinnvoll, die Diagnosebögen namentlich oder in anonymisierter Form zu kennzeichnen, so dass im Laufe des Unterrichts der individuelle Kompetenzfortschritt dokumentiert werden kann. Ein anonymisiertes Vorgehen ist dann sinnvoll, wenn die Lernenden den unbewerteten Einsatz von Diagnoseinstrumenten noch nicht gewohnt sind. Damit ist es möglich, Hemmungen oder Ängsten, beim Beantworten »etwas falsch zu machen« zu begegnen.

Darüber hinaus schätzen sich die Schüler vor Beginn der Unterrichtseinheit in einem Kompetenzraster ein, welches die Erwartungen an die Lernenden transparent macht und der Lehrkraft Einblicke in die Selbstkonzepte der Schüler zu Modellkompetenz gibt. Indem die Lernenden die Ergebnisse von Diagnosebogen und Kompetenzraster vergleichen, lernen sie neben der fachlichen Auseinandersetzung mit Modellen, ihre Kompetenzen einzuschätzen und Mitverantwortung für deren Weiterentwicklung zu übernehmen. Auch hier sollte die Lehrkraft deutlich machen, dass die formulierten Erwartungen keine Bewertung einzelner darstellen, sondern eine Hilfestellung sein sollen, sich beim Lernen zu orientieren und ein Bewusstsein für den eigenen Kompetenzerwerb zu entwickeln. Im konkreten unterrichtlichen Einsatz hat sich gezeigt, dass sich viele Schüler auf Niveau I einschätzen, was häufig mit der Fremdeinschätzung durch die Lehrkraft übereinstimmt. Unterschiede zeigen sich jedoch bei leistungsstarken Lernenden, die sich selbst auf einem geringeren Kompetenzniveau einschätzen. Derartige Unterschiede zwischen Ergebnissen von subjektiver und objektiver Kompetenzerfassung sind in anderen Studien bereits beschrieben (KUNTER & KLUSMANN, 2010). Diese Diskrepanz gibt wichtige Hinweise über das Selbstkonzept des Lernenden und kann Anlass für ein individuelles Gespräch sein. In diesen Gesprächen sind die Ursachen für diese Diskrepanz herauszufinden. Darüber hinaus sind im Sinne eines lebenslangen Lernens Hilfestellungen zu geben, das kategoriengestützte Selbsteinschätzen zu erlernen. Der kontinuierliche Einsatz derartiger Instrumente und eine wertschätzende Rückmeldung der Lehrkräfte unterstützt die Lernenden in der Entwicklung dieser Kompetenz. Da im kompetenzorientierten Unterricht die Kompetenzen der Lernenden im Blick bleiben und systematisch entwickelt werden, sind Phasen der Erfassung und Phasen der Förderung von Kompetenzen zyklisch miteinander verbunden (SCHRÖDER & WIRTH, 2012). In der Unterrichtseinheit zur Biomembran entwickeln die Lernenden aus experimentell gewonnenen bzw. in Materialien dargestellten Daten Vorstellungen über den Bau der Biomembran, die in Modelle umgesetzt werden. Anschließend wird die Gültigkeit der Modelle an neuen Daten geprüft. Wenn sich daraus die Falsifizierung der zugrunde liegenden Hypothese ergibt, müssen die Modelle verändert werden. Auf diese Weise wird einerseits der Anspruch von Biologieunterricht eingelöst, den typischen Gang der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung problemorientiert und hypothetisch-deduktiv zu rekonstruieren. Gleichzeitig kann durch den Einbezug der Erfassung und Reflexion der verfügbaren Modellkompetenz der Unterricht kompetenzorientiert ausgerichtet werden. Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit des durchgeführten Unterrichts kommt am Ende dieses Unterrichtsabschnitts der Diagnosebogen erneut zum Einsatz. Der Vergleich der individuellen Antworten gibt der Lehrkraft Einblicke in den Kompetenzzuwachs der Lernenden. Das Kompetenzraster dient auch an dieser Stelle der Orientierung in Bezug auf den Kompetenzstand. Im Sinne einer prozessorientierten Erfassung reflektieren Lernende und Lehrende den bisherigen Arbeitsverlauf. Wenn

die Diagnosebögen und Kompetenzraster namentlich gekennzeichnet sind, kann die Lehrkraft bereits an dieser Stelle erste Einblicke in den Lernfortschritt einzelner Schüler bekommen. Die z. T. bei der Ersterfassung noch beobachtbaren Probleme beim Ausfüllen des Bogens tauchen an dieser Stelle erfahrungsgemäß nicht mehr auf.

Die Analyse des bereits erreichten Kompetenzstands ist Grundlage für eine gezielte Passung der inzwischen verfügbaren Kompetenzen und der Gestaltung des nächsten Unterrichtsabschnitts. In der Regel hat der Kompetenzerwerb bis zu dieser Stelle zu einer größeren Heterogenität bei den Lernenden geführt. So haben sich möglicherweise die Lernenden in einigen Teilkompetenzen weiterentwickelt, in anderen jedoch noch nicht. Deshalb werden nun von der Lehrkraft selbst entwickelte binnendifferenzierte Materialien, Aufgaben und Versuche genutzt, um für die weitere Kompetenzentwicklung passgenauer an die individuell verfügbare Modellkompetenz der Schüler anzuknüpfen. Wichtig für den Lernprozess ist eine zusammenfassende Schlussreflexion am Ende der Unterrichtseinheit. Diese zeigt, ob und inwieweit die Schüler den Modellbildungsprozess verstanden haben, ihn nachvollziehen und anwenden können. Hierzu erstellen die Lernenden in Gruppen ein Fließschema zum Einsatz von Modellen zum Erkenntnisgewinn (vgl. FLEIGE, SEEGER, UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER, 2012), das von dem konkreten Unterrichtsbeispiel abstrahiert und ein übergreifendes Modellverständnis visualisiert. Die Präsentation dieser Lernprodukte bietet Anknüpfungspunkte für ein Lerngespräch über den Lernprozess und das Lernergebnis (TSCHEKAN, 2011). Es dient dazu, aus einer prozessorientierten Perspektive auf den langfristigen Kompetenzaufbau offene Fragen oder Schwierigkeiten zu verdeutlichen, die die Schüler sowie die Lehrkraft selbst in weiteren Unterrichtseinheiten bearbeiten sollten. Auf diese Weise findet ein kumulativer, vernetzter Kompetenzaufbau über verschiedene Unterrichtseinheiten hinweg statt (TSCHEKAN, 2011, SCHRÖDER & WIRTH, 2012).

Zusammenfassend hat sich in der Unterrichtspraxis gezeigt, dass die beiden hier vorgestellten Instrumente (Diagnosebogen und Kompetenzraster) probate Mittel für Lehrkräfte zur Erfassung der Kompetenzstände der Schüler darstellen. Sie unterstützen die Lehrkräfte darin, den Herausforderungen kompetenzorientierten Unterrichtens zu begegnen.

Literatur

- CAREY, S., EVANS, R., HONDA, M., JAY, E. & UNGER, C. (1989). »An experiment is when you try it and see if it works«: a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (Special Issue), 514–529.
- FLEIGE, J., SEEGER, A., UPMEIER ZU BELZEN, A. & KRÜGER, D. (Hg.) (2012). *Modellkompetenz im Biologieunterricht Klasse 7-10*. Donauwörth: Auer.
- GROPENGIESSER, H. (1996). Die Bilder im Kopf. Von den Vorstellungen der Lernenden ausgehen. In Prüfen und Beurteilen. *Friedrich Jahresheft 14*, 11-13.
- GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E. & SMITH, C. L. (1991). Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 799–822.
- GRÜNKORN, J., UPMEIER ZU BELZEN, A. & KRÜGER, D. (2014). Assessing Students' Understandings of Biological Models and their Use in Science to Evaluate a Theoretical Framework. *International Journal of Science Education*. 1-34.
- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H. & VERLOOP, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37, 99–122.
- KUNTER, M. & KLUSMANN, U. (2010). Kompetenzmessung bei Lehrkräften –Methodische Herausforderungen. *Unterrichtswissenschaft*, 38(1), 68-86.
- MORRISON, M. & MORGAN, M. S. (1999). Introduction. In: M. S. MORGAN & M. MORRISON (Hg.): *Models as mediators. Perspectives on natural and social science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1–9.
- OH, P. S. & OH, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
- SCHRÖDER, C. & WIRTH, I. (2012). *99 Tipps. Kompetenzorientiert unterrichten*. Cornelsen: Berlin.
- TERZER, E., HARTIG, J. & UPMEIER ZU BELZEN, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 51-76.
- TERZER, E., PATZKE, C. & UPMEIER ZU BELZEN, A. (2012). Validierung von Multiple-Choice Items zur Modellkompetenz durch lautes Denken. In: U. HARMS & F. X. BOGNER (Hg.): *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Innsbruck: Studienverlag, 45–62.
- 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. In: D. KRÜGER, A. UPMEIER ZU BELZEN, S. HOF, K. KREMER & J. MAYER (Hg.): *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 8*. Kassel: Universität Kassel, 23–37.
- TSCHEKAN, K. (2011). *Kompetenzorientiert unterrichten. Eine Didaktik*. Cornelsen Scriptor: Berlin.
- UPMEIER ZU BELZEN, A. & KRÜGER, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.

JULIANE GRÜNKORN, gruenkorn@dipf.de, promoviert an der Freien Universität Berlin zum Thema »Modellkompetenz im Biologieunterricht«. Derzeit arbeitet sie am Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) als wissenschaftliche Mitarbeiterin zur Projektkoordination im DFG-Schwerpunktprogramm »Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen«.

ALEXANDER LOTZ, alexander.lotz.030@googlemail.com, hat an der Humboldt- Universität zu Berlin Biologie und Chemie für das Lehramt an Gymnasien studiert und sein Referendariat an einem Gymnasium in Berlin absolviert. Derzeit ist er als Studienrat am Goethe-Gymnasium in Frankfurt am Main tätig.

Dr. EVA TERZER, eva.terzer@hu-berlin.de, hat an der Humboldt-Universität zu Berlin zur empirischen Überprüfung des Kompetenzmodells zu Modellkompetenz mit Multiple-Choice Items promoviert. Aktuell ist sie Postdoc im Forschungskolleg der Professional School of Education (PSE) an der Humboldt-Universität zu Berlin und arbeitet im Bereich der Lehrerbildung.