

## Modellierungskompetenz –Konzeptionierungen und Verortung im Sachunterricht

Kim Lange, Andreas Hartinger

### Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Lange, Kim, and Andreas Hartinger. 2014. "Modellierungskompetenz – Konzeptionierungen und Verortung im Sachunterricht." In *Lernsituationen und Aufgabenkultur im Sachunterricht*, edited by Hans-Joachim Fischer, Hartmut Giest, and Markus Peschel, 165–72. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.



## **Modellierungskompetenz – Konzeptionierungen und Verortung im Sachunterricht**

*Scientific models and the practice of scientific modelling are core components of scientific thinking, acting and working and thus an essential aim of teaching and learning science at the elementary level. In this paper we present an overview of theoretical approaches to modeling competencies and empirical evidence in this field to derive relevant research questions for the field of primary science.*

### **1. Modellierungskompetenzen im Sachunterricht**

Es besteht heute kein Zweifel mehr daran, dass Schüler im Sachunterricht nicht nur Fachinhalte aneignen, sondern auch das „Arbeiten wie Wissenschaftler“ lernen sollen. Dies spiegelt sich u.a. auch im neuen Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013) wider: Der Einbezug und die explizite Thematisierung von Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen stellt eine perspektivenübergreifende Leitidee im Sachunterricht dar.

Modelle sowie das wissenschaftliche Modellieren werden international und national als essentieller Bestandteil solcher (natur-)wissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und somit als Teilkomponente einer Scientific Literacy gesehen (KMK 2005, NRC 2008). Im angloamerikanischen Sprachraum werden der kompetente Umgang mit Modellen und das wissenschaftliche Modellieren auch direkt als anzustrebendes Ziel für die Grundschule gefordert (NRC 2011). Im deutschen Sprachraum geschieht dies bislang eher implizit (z.B. Conrads 2011), wenngleich einige Lehrpläne für den Sachunterricht den Umgang mit Modellen oder das Fertigen und Nutzen von konkreten Modellen als Ziele bzw. als zu erwerbende Kompetenzen festlegen.

## 2. Modelle und Modellkompetenz

### 2.1 Definition und Eigenschaften von Modellen

Weitgehend akzeptiert ist die Definition von Modellen als Repräsentationen, die unter Fokussierung bestimmter Schlüsselkomponenten Systeme vereinfachend und abstrahierend darstellen, um Zusammenhänge oder Charakteristiken (natur-)wissenschaftlicher Phänomene erklären und vorherzusagen zu können (Schwarz et al. 2009, S. 633). Modelle beinhalten:

- einzelne Elemente,
- Charakteristika dieser Elemente,
- Relationen/ Beziehungen zwischen den Elementen,
- Operationen/ Vorgänge/ Prozesse (vgl. z.B. Nelson/ Beyer/ Davis 2008, Schwarz et al. 2009).

Modelle lassen sich in gedankliche und materielle Modelle unterteilen. Unter gedanklichen Modellen werden alle Modelle gefasst, die ein Mensch für sich konstruiert, ohne sie in irgendeiner Form aufzuzeichnen. Sie werden auch als „Denkmodelle“ (Eschenhagen/ Kattmann/ Rodi 2003, S. 332) bezeichnet. Im Gegensatz dazu sind materielle Modelle externalisiert. Sie können maßstäblich oder abstrakt dargestellt werden – letztere in symbolischer, ikonischer oder mathematischer Form (Harrison/ Treagust 2000).

Modelle sind daher niemals exakte Kopien der Originale. Eine wesentliche Aufgabe von Modellen ist es, Schlüsselmerkmale eines Phänomens hervorzuheben, und somit einfach, anschaulich und für den Betrachter schnell erschließbar zu sein (Grygier/ Günther/ Kircher 2007). Trotz dieser Reduktion erheben Modelle Anspruch auf inhaltliche Korrektheit. Das bedeutet, dass jedes Modell letztlich durch empirische Evidenzen gestützt werden muss, dass es jedoch – genauso wie jede wissenschaftliche Erkenntnis – immer vorläufig ist (vgl. a.a.O.). Je nach Fragestellung, Perspektive und Akzentuierung können daher verschiedene Modelle zu einem Phänomen existieren. Sofern Modelle empirischen Evidenzen gerecht werden, sind sie daher nicht falsch oder richtig, sondern zweckmäßig oder ungeeignet (Mikelskis-Seifert/ Leisner 2007). Durch die Reduktion und Strukturierung haben Modelle jedoch zwangsläufig Grenzen, die ihre Aussagekraft einschränken (Schwarz et al. 2009).

### 2.2 Funktionen von Modellen

Modellen ist eine doppelte Funktion inhärent: Zum einen dienen Modelle der Erkenntnisvermittlung; zum anderen ist der Prozess des Modellierens wichtiger Bestandteil der Erkenntnisgewinnung (Eschenhagen et al. 2003, Terzer/

Upmeier zu Belzen 2007). Im Zuge der Erkenntnisvermittlung fungiert das Modell als Medium, mit dem naturwissenschaftliche Wissensinhalte gezeigt oder veranschaulicht werden. Sie transportieren also Erkenntnis, um so den Aufbau von (natur-)wissenschaftlichem Wissen zu unterstützen (Upmeier zu Belzen/ Krüger 2010). Die Besonderheit von Modellen, auch nicht sichtbare Objekte und Phänomene veranschaulichen zu können und die Komplexität der Realität zu verringern, prädestiniert sie für den Gebrauch als „Lehrmodelle“ (vgl. Buddensiek et al. 1980, S. 94). Im Kontext der Erkenntnisgewinnung geht es um den Einsatz von Modellen zur Klärung neuer Sachverhalte. Modelle ermöglichen es dabei, nicht nur Annahmen zur Erklärung von Phänomenen festzuhalten und kommunizierbar zu machen, sondern auch die Ableitung von Hypothesen über die Realität sowie deren Überprüfung unter Fokussierung einer überschaubaren Anzahl an Variablen (Schwarz et al. 2009).

### **2.3 Zum Begriff der Modellkompetenz**

Es gibt unterschiedliche Definitionen, was unter Modellkompetenz verstanden werden kann und welche Komponenten unter diesem Begriff einzuordnen sind. Dies gilt für den angloamerikanischen Raum (Grosslight/ Unger/ Jay/ Smith 1991, Schwarz et al. 2009) genauso wie für den deutschsprachigen (Meisert 2008, Upmeier zu Belzen/ Krüger 2010). Gemeinsam ist diesen Definitionen eine grundsätzliche Ausrichtung an allgemeinen Zielen des naturwissenschaftlichen Lernens bzw. der Scientific Literacy.

Upmeier zu Belzen/ Krüger (2010) haben in Anlehnung an die angloamerikanische Literatur Teilkomponenten der Modellkompetenz zusammengefasst. Modellkompetenz umfasst hier die Fähigkeiten, mit Modellen zweckbezogen Erkenntnisse gewinnen zu können, über Modelle mit Bezug auf ihren Zweck urteilen zu können, über den Prozess der Erkenntnisgewinnung durch Modelle und Modellierungen zu reflektieren sowie die Bereitschaft, diese Fähigkeiten in problemhaltigen Situationen anzuwenden. Diese Konzeption entspricht den zeitgenössischen angloamerikanischen Beschreibungen der Modellkompetenz (Schwarz et al. 2009, Baek et al. 2011). In diesen Beschreibungen werden praktische Fähigkeiten im Bereich Modellbildung („elements of the practice“) und Wissen über diese Prozesse („metamodeling knowledge“) als Teilkomponenten beschrieben.

Den verschiedenen Konzeptionen ist gemein, dass Modellkompetenz sich aus zwei konstitutiven Teilbereichen zusammensetzt: Zum einen umfasst der Begriff das wissenschaftliche Modellieren als Handlung, zum anderen den Umgang mit Modellen (der dann z.T. wieder in die Kenntnis bestimmter

Modelle sowie in das Metawissen über Modelle differenziert wird). In Anlehnung an diese Konzeptionen definieren wir Modellkompetenz wie folgt:

*Deklarative Elemente*

- Wissen über die Rolle des Modellierens im Erkenntnisprozess
- Wissen über Modelle (Modellverständnis)
  - Wesen von Modellen
  - Zweck von Modellen
- Kenntnis von (etablierten) Modellen

*Prozedurale Elemente*

- Herstellen
- Anwenden
- Testen/ Überarbeiten von Modellen

Die Arbeit mit Analogiemodellen, so wie sie in der Forschungsgruppe um Haider und Kollegen (z.B. Haider/ Keck/ Haider/ Fölling-Albers 2013) gefasst und untersucht wird, kann als Voraussetzung für die Arbeit mit Modellen und Möglichkeit zur Förderung von Modellkompetenz werden.

## **2.4 Erwartete Effekte von Modellkompetenz**

Die so verstandene Modellkompetenz wird aus verschiedenen Begründungslinien als zentrales Ziel des naturwissenschaftlichen Lernens propagiert. So wird zum einen argumentiert, dass damit das konzeptuelle (inhaltliche) Wissen über die im Unterricht behandelten Themen gestärkt wird (z.B. Clement 2000). Dies gilt in besonderem Maße für Erklärungen und Gesetzmäßigkeiten, die sich der direkten Anschauung entziehen (Harrison/ Treagust 2000). Dabei wird insbesondere dem Einbezug von Modellierungsprozessen eine positive Wirkung auf den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses zugesprochen, da die Lernenden sich dadurch explizit mit ihren bestehenden Vorstellungen und Konzepten auseinandersetzen und sie im Modellierungsprozess mit Evidenzen konstruktiv in Verbindung bringen müssen (Schwarz et al. 2009). Diese Ideen korrespondieren eng mit der Vorstellung von Lernen als „conceptual change“; auch hier wird die Bedeutung der eigenaktiven Suche nach plausiblen und fruchtbaren Erklärungen betont.

Zum zweiten wird argumentiert, dass durch den Aufbau von Modellkompetenz ein allgemeines Verständnis der Naturwissenschaften (bzgl. ihrer Möglichkeiten und Einschränkungen) unterstützt wird. Dabei wird v.a. die Relevanz von Modellierungskompetenz als universale Denkweise hervorgehoben (Harrison/ Treagust 2000). Zudem sollte das Verwenden, Konstruieren, Evaluieren und Bearbeiten von Modellen Schülern helfen, die Konstruiertheit von Wissen wahrzunehmen und ihnen damit ein elaborierteres Wissen-

schaftsverständnis ermöglichen (Terzer/ Upmeier zu Belzen 2007). Es wird dabei angenommen, dass der Einbezug von Elementen des aktiven Modellierens, so zum Beispiel das Revidieren von zuvor selbstkonstruierten Modellen aufgrund von neu gewonnenen (empirischen) Erkenntnissen, diesen Lernprozess stärker unterstützt als die Arbeit mit bereits bestehenden Modellen.

Vor diesem Hintergrund können zwei weitere Effekte angenommen werden: Zum einen gibt es empirische Evidenz dafür, dass sich das in einem Kontext erworbene Wissenschaftsverständnis domänenübergreifend auch positiv auf den weiteren naturwissenschaftlichen Wissenserwerb auswirkt (Grygier/ Jonen/ Kircher/ Sodian/ Thoermer 2008). Von daher ist zu erwarten, dass sich Modellkompetenz analog günstig auf weiteres naturwissenschaftliches Lernen auswirkt. Zum anderen kann vermutet werden, dass der Aufbau von Modellkompetenz positive Effekte auf Motivation und Interesse hat.

### **3. Forschung zur Modellkompetenz**

#### **3.1 Forschungen zur Modellkompetenz von Schülern**

Grosslight et al. (1991) verglichen die Modellvorstellungen von Schülern der siebten und elften Jahrgangsstufe in den USA. Die Mehrheit der Schüler sah Modelle als wirklichkeitsgetreue 1:1-Abbildungen der Realität oder als verkleinerte bzw. vergrößerte Darstellungen an. Dabei stand die Anschauungsfunktion von Modellen deutlich im Mittelpunkt: Modelle werden – so die Schüler – verwendet, um unbekannte Phänomene zu untersuchen und Informationen darüber zu erhalten. Die Rolle von Modellen im Erkenntnisprozess blieb dagegen weitgehend unbeachtet. Eine Studie von Terzer/ Upmeier zu Belzen (2007) in der neunten Jahrgangsstufe bestätigt diese Befunde für Deutschland.

Für die deutsche Grundschule liegt bislang nur der Beitrag von Conrads (2011) vor, die auf die Ergebnisse zweier unveröffentlichter Masterarbeiten verweist. Das Ergebnis dieser beiden Arbeiten war, dass Kinder dieser Altersstufe nicht zwischen Modellen und Originalen unterschieden, dabei eine lebensweltliche, vorwissenschaftliche Vorstellung von Modellen besaßen und nur unzureichend über verbalisierbares Wissen in diesem Bereich verfügten.

#### **3.2 Zur Veränderung von Modellkompetenz durch Unterricht**

Schwarz und Kollegen untersuchten Fünftklässler in den USA (Baek et al. 2011, Schwarz et al. 2009). Die zentrale Fragestellung dieser Untersuchung war zu überprüfen, inwieweit sich Modellkompetenz durch eine speziell angereicherte Unterrichtseinheit entwickelt bzw. beeinflussen lässt. Die Be-

funde sind ermutigend: Schwarz et al. (2009) konnten zeigen, dass die Schüler durch die unterrichtliche Intervention in die Lage versetzt wurden, Modelle selbstständig herstellen, benutzen, bewerten und überarbeiten zu können. Die Befunde von Baek et al. (2011) ergaben, dass die Modelle der Schüler nach der Unterrichtseinheit öfter erklärende Elemente enthielten, die sich auf nicht-sichtbare Prozesse bezogen, sowie dass die Modelle weniger statisch waren und empirische Evidenzen berücksichtigt wurden. Zudem antworteten die Schüler auf die Frage nach den Veränderungen an ihren überarbeiteten Modellen mit Verweis auf empirische Evidenzen. Ein weiterer Aspekt der Ergebnisse betraf die Verwendung von Modellen: Die Schüler erkannten häufiger die Notwendigkeit von Modellen in Bezug auf ihre Erklärungsfunktion nach der Intervention. Im Rahmen dieser Funktion haben sie die Modelle auf neue, unbekannte Phänomene übertragen. Ebenso wurde vermehrt die kommunikative Funktion von Modellen berücksichtigt. Diese Ergebnisse zeigten, dass die Schüler durch den Unterricht Aspekte von Modellierungskompetenz (in den beiden Aspekten Handlung und Meta-Wissen) entwickeln konnten.

Mit Blick auf Kinder im Grundschulalter ist die qualitative Studie von Acher/Arcà/ Sanmartí (2007) von Interesse. Sie konnten bei Kindern im Alter von sieben bis acht Jahren zeigen, dass Modellkompetenz schon in der frühen Schullaufbahn angebahnt werden kann.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass es – allerdings bislang noch recht wenig – Evidenz dafür gibt, dass Kinder im Grundschulalter Modellkompetenz aufbauen können, und dass der Kompetenzaufbau durch Unterricht unterstützt werden kann. Allerdings gibt es in diesem Zusammenhang auch noch deutliche Forschungslücken. So fehlen z.B. bislang Erkenntnisse darüber, inwieweit das selbstständige Modellieren von Bedeutung ist oder ob es genügt, wenn Schüler aktiv mit vorgegebenen Modellen arbeiten. Sämtliche Befunde sind ohne echte Kontrollgruppen erhoben worden. Zudem sind bislang alle Studien im Kontext des naturwissenschaftlichen Lernens angesiedelt. Die – unseres Erachtens – höchst plausible Vermutung, dass auch beim sozialwissenschaftlichen Lernen Modellvorstellungen zur Erklärung komplexer Vorgänge und Systeme hilfreich und wichtig sind, ist bislang völlig unerforscht.

## 4. Offene Forschungsfragen und Ziele

Die genannten Überlegungen und empirischen Befunde zeigen, dass die Beschäftigung mit Modellen und Modellierungen sowohl eine wissenschaftlich ergebnisreiche als auch praktisch nutzbare Aufgabe ist. Fragestellungen, wie z.B.

- Inwieweit ist Modellkompetenz bei Grundschulern in unterschiedlichen Themenbereichen vorhanden?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen der Modellkompetenz von Kindern im Grundschulalter und ihrem Wissen?
- Gibt es unterschiedliche Effekte von Interventionen, die entweder das aktive Modellieren oder den Umgang mit Modellen in den Fokus stellen?

wären für den Sachunterricht (und dies – wie dargestellt – nicht nur für die naturwissenschaftliche Perspektive) spannend, international anschlussfähig und für die Verbesserung eines anspruchsvollen Lernens hilfreich. Die beiden Autoren dieses Beitrages wollen sich aus diesem Grund in Zukunft diesen Fragestellungen weiter widmen. Eine erste Pilotstudie mit dem Ziel, ein Verfahren zur Erfassung von Modellkompetenz von Kindern zu erheben, wurde bereits durchgeführt. Die Daten werden aktuell ausgewertet.

## Literatur

- Acher, A.; Arcà, M.; Sanmartí, N. (2007): Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. In: Science Education, 91, 3, pp. 398-418.
- Baek, H.; Schwarz, C.; Chen, J.; Hokayem, H.; Zhan, L. (2011): Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS 5<sup>th</sup> Grade Approach and Findings. In: Khine, M.S.; Saleh, I.M. (Eds.): Models and Modeling. Cognitive Tools for Scientific Enquiry. Dordrecht.
- Buddensiek, W.; Kaiser, F.-J.; Kaminski, H. (1980): Grundprobleme des Modell Denkens im sozio-ökonomischen Lernbereich. In: Stachowiak, H. (Hrsg.): Modelle und Modelldenken im Unterricht. Bad Heilbrunn, S. 92-122.
- Clement, J. (2000): Model based Learning as a Key Research Area for Science Education. In: International Journal of Science Education, 22, 9, pp. 1041-1053.
- Conrads, N. (2011): Erwerb von Modellkompetenz als Bildungsziel des Sachunterrichts. [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), 17, Oktober 2011.
- Eschenhagen, D.; Kattmann, U.; Rodi, D. (2003): Fachdidaktik Biologie. Köln.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn.
- 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. In: Journal of Research in Science Teaching, 28, 9, pp. 799-822.
- Grygier, P.; Günther, J.; Kircher, E. (2007): Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Baltmannsweiler.

- Grygier, P.; Jonen, A.; Kircher, E.; Sodian, B.; Thoerner, C. (2008): „Wissenschaftsverständnis“ und Erwerb von naturwissenschaftlichem Wissen und Experimentierfähigkeit in der Grundschule. In: Giest, H.; Wisemann, J. (Hrsg.): Kind und Wissenschaft. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn, S. 69-8.
- Haider M.; Keck, M.; Haider, Th.; Fölling-Albers, M. (2013): Analogiemodelle als Perspektive in der Planung naturwissenschaftlicher Lernprozesse. In: Fischer, H.-J.; Giest, H.; Pech, D. (2013): Der Sachunterricht und seine Didaktik – Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln. Bad Heilbrunn, S. 147-154.
- Harrison, A. G.; Treagust, D. F. (2000): A Typology of School Science Models. In: International Journal of Science Education, 22, 9, pp. 1011-1026.
- Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.) (2005): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied.
- Meisert, A. (2008): Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, S. 243-261.
- Mikelskis-Seifert, S.; Leisner, A. (2007): Lernen über Teilchenmodelle. Das Denken in Modellen fördern. In: Duit, R.; Gropengießer, H.; Stäudel, L. (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material. Seelze-Velber, S. 122-128.
- National Research Council [NRC] (Ed.) (2008): National Science Education Standards. Washington.
- National Research Council [NRC] (Ed.) (2011): National Science Education Standards. Washington.
- Nelson, M.; Beyer, C.; Davis, E.A. (2008): Incorporating Modeling in Elementary and Middle School Classrooms. (Unpubl. curriculum materials.) University of Michigan. Ann Arbor, MI.
- Schwarz, C.V.; Reiser, B.J.; Davis, E.A.; Kenyon, L.; Achér, A.; Fortus, D. (2009): Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. In: Journal of Research in Science Teaching, 46, 6, pp. 632-654.
- Terzer, E.; Upmeyer zu Belzen, A. (2007): Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. In: Vogt, H.; Hesse, M. (Hrsg.): Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie der Universität Münster, 16, S. 33-56.
- Upmeyer zu Belzen, A.; Krüger, D. (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, S. 41-57.