

Modellbildung als Mittel der Erkenntnisgewinnung – Eine Reviewstudie

Hintergrund & Forschungsfragen

Modelle sind in den Naturwissenschaftsdidaktiken ein empirisch untersuchtes Mittel der Erkenntnisgewinnung (Van der Valk, Van Driel & De Vos, 2007). Die mit ihnen verfolgten Zwecke und ihre zugrunde liegenden Annahmen sind dabei sehr unterschiedlich. Diese Differenzen äußern sich sowohl in der Arbeit mit bestehenden, als auch in der Konstruktion neuer Modelle (Ebd.).

Für den Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung kann der hypothetisch-deduktive Gang als genuine Denkweise für die Erkenntnisgewinnung angenommen werden (Vgl. Nehring 2014). Dieser Gang ist über drei Hauptschritte *Hypothese/Fragestellung*, *Planung/Durchführung* sowie *Auswertung/Reflexion* charakterisiert. Während Mayer (2007) die Erkenntnisgewinnung als Problemlöseprozess plausibel macht, beschreibt Löhner (2005) die Einbettung von Modellbildung in diesen Kontext wie folgt: „Because inquiry modeling [...] closely resembles the way scientists work, the process of building a model should be similar to the inquiry circle.“ (Löhner, 2005, S. 445)

Während es für die Fächer Physik (Leisner-Bodenthin, 2006) und Biologie (Meisert, 2008; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010; Terzer, 2012) der Sekundarstufe empirische Erhebungen zum Konstrukt der *Modellkompetenz* gibt, ist der Chemieunterricht in diesem Bereich deutlich unterrepräsentiert. Um einen Zugang auf Modellbildung als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Kontext Chemieunterricht zu schaffen, müssen zunächst die bestehenden Forschungsergebnisse auf theoretische Vorarbeiten und empirische Ergebnisse genauer untersucht werden. Dafür stellen sich zwei Leitfragen:

- Welche theoretisch-begrifflichen Verständnisse von Modellen und Modellbildung finden sich in der Forschungsliteratur?
- Welche Muster finden sich in den theoretischen Annahmen und empirischen Ergebnissen der Studien?

Im Folgenden werden Teilergebnisse der Analyse dargestellt. Es wird auf die theoretischen Konstrukte und ihre empirische Operationalisierung näher eingegangen. Drei Teilfragen stellten sich für diese Perspektive:

- Welches Konstrukt wurde untersucht?
- Welche Teildimensionen sind operationalisiert worden?
- Sind Niveaustufen angegeben, wenn ja, welche?

Methode

Für die genauere Untersuchung bezüglich der Fragestellung, wurden 36 empirische Studien ausgewählt. Der erste Zugang erfolgte über ein allgemein gehaltenes Review zum Thema *modeling competence* (Nicolaou & Constantinou, 2014). Der Überblick aus dieser Arbeit wurde durch eine Stichwortsuche in der Literaturliteraturbank der HU¹, ergänzt. Um die Arbeit auch um deutschsprachige Literatur zu ergänzen, wurde vom Literaturverzeichnis aus Upmeier & Krüger (2010) ausgegangen und die Stichwortsuche entsprechend angepasst. Abbildung 1 zeigt die Stichworte und weiterführenden Auswahlkriterien. Daraus ergaben sich unmittelbar 8 Studien. Darüber hinaus wurden kriterienunabhängig 3 Studien hinzugefügt. Sie betonten Aspekte, die von den anderen Arbeiten nicht explizit beachtet wurden: Erstens muss auch modellbasiertes Lernen eingeübt werden. Obwohl, zweitens, bei

¹ www.primus.uh.hu-berlin.de

Modellbildung ein Revisions Schritt angenommen und untersucht wurde, beschrieb nur eine der Studien die konkrete Struktur dieser Revision. Drittens konnte eine Arbeit zeigen, dass die Elemente des hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgangs durchaus zu finden sind. Sie ging aber kritisch mit der konkreten Abfolge um und reflektierte damit stärker als andere Autoren auf die Diskrepanz zwischen theoretischen Konstrukten und empirischen Ergebnissen (Löhner, 2005).

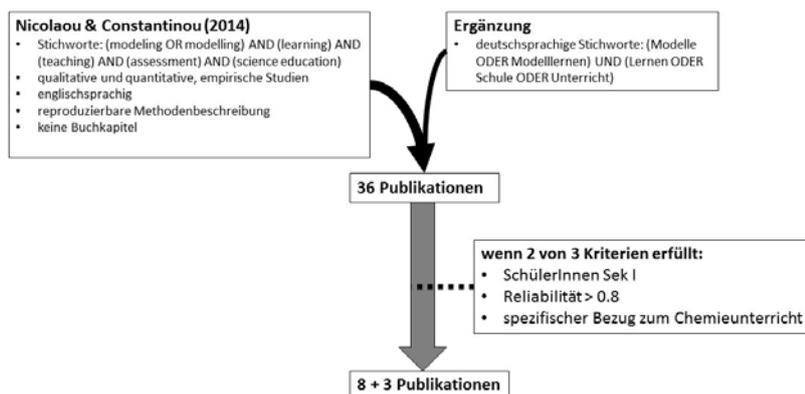


Abb. 1: Stichworte und weiterführende Auswahlkriterien für die untersuchten Studien

Ergebnisse

Die insgesamt 11 Studien zeigen ein sehr heterogenes Bild der Forschungsrahmen zur Modellbildung. Tabelle 1 fasst die Antworten auf die drei Teilfragen zusammen. Die Abbildungen 2 & 3 zeigen einen deskriptiven Überblick über die Fachkontexte und die berichteten Gütekriterien der Studien.

| Nr. | Konstrukt | Teildimensionen | Niveaustufen |
|-----|---|---|-----------------------------------|
| 1 | <i>model of modeling</i> | Produktion (mental), Ausdruck (extern), Testen, Evaluation | 3 |
| 2 | <i>modeling performance</i> | Erklärung, Vergleich, Abstraktion, Kennzeichnung | 3 |
| 3 | <i>Darstellungsebenen</i> | Makroskopisch, submikroskopisch, symbolisch | NA |
| 4 | <i>Transfer von Darstellungsebenen</i> | Transfer: Summen- zu Strukturformel, Strukturformel zu räumlicher Zeichnung, Summenformel zu räumlicher Zeichnung, räumliche Zeichnung zu Strukturformel, Symbole auf makroskopische und mikroskopische Ebene | 5, Hierarchie der Teildimensionen |
| 5 | <i>Modellkompetenz</i> | Modellwissen, Modellarbeit, Modellverständnis | NA |
| 6 | <i>modellbasiertes Lernen</i> | Transformation (Phänomen in Modell), Evaluation | NA |
| 7 | <i>modellbasiertes Lernen</i> | Formulierung, Informationsgewinn, Revision am Phänomen, Evaluation an verschiedenen Modellen, Zweck und Nutzen, Reflexion und Verfeinerung | NA |
| 8 | <i>modeling actions</i> | Analyse, Synthese von Relationen, Test und Interpretation, Unterstützung | NA |
| 9 | <i>modeling-based inquiry</i> | model sketching, model specification, model evaluation | 3 |
| 10 | <i>Lernpfade</i> | am Beispiel Metallbindung: existiert nicht, keine richtige Bindung, kovalent/ionisch, spezifisch | 4, Hierarchie der Teildimensionen |
| 11 | <i>Verständnis wissenschaftlicher Modelle</i> | multiple Repräsentationen, exakte Replikationen, Mittel zur Erklärung, Nutzen, Veränderbarkeit | NA |

Tab. 1: Die Konstrukte der Studien mit ihren Teildimensionen und Niveaustufen

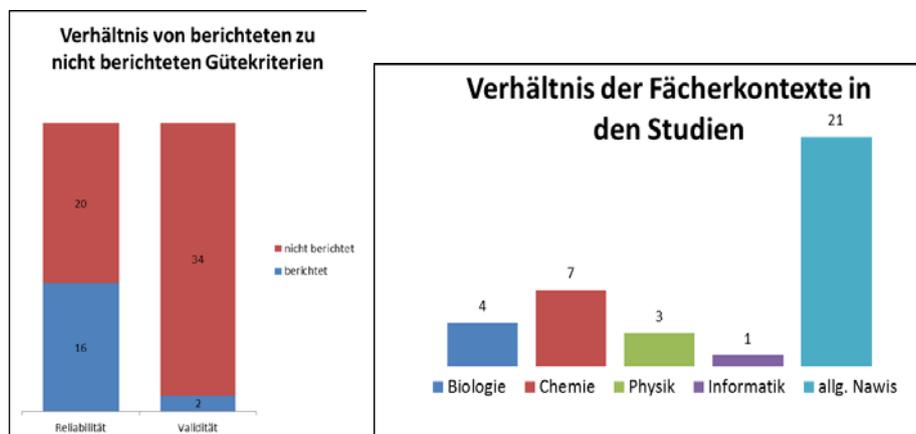


Abb. 2: Berichtete Gütekriterien und Fächerkontexte der Studien.

Auffällig sind die Hinweise in vielen – auch der 25 nicht näher dargestellten – Arbeiten, dass es an einer übergeordneten Theorie für die Untersuchung von Kompetenzen in Verbindung mit Modellen mangle. Zusätzlich werden verschiedene erkenntnistheoretische und empirische Grundannahmen über Modelle und ihre Bedeutung für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung gemacht. Auch in den Niveaustufen konnte kein einheitliches Muster identifiziert werden. Daraus folgte eine erhebliche Diversität der Untersuchungsinstrumente. Gemeinsam ist aber allen hier vorgestellten Arbeiten, dass die jeweiligen Konstrukte den Anspruch haben, Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung einzusetzen. Sie können immer über Transfer- oder Erklärungsleistungen auf das Lösen von naturwissenschaftlichen Problemen zurückgeführt werden. Diese Gemeinsamkeit kann für die empirische Anschlussforschung im Kontext des Chemieunterrichts genutzt werden.

Literatur

- Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. In ZfDN, 12, 91-109
- Löhner, S. (2005). Student's reasoning during modelling in an inquiry learning environment. In Computers in Human Behaviour 21, 441-461
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiepädagogischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, 177-186
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. In ZfDN, 14, 243-261
- Nehring, A. (2014). Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 177). Berlin: Logos
- Nicolaou, C. & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modelling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. In Educational Research Review, 13, 52-73
- Terzer, E. (2012). Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht: Empirische Beschreibung von Modellkompetenz mithilfe von Multiple-Choice-Items (Dissertation), Humboldt-Universität zu Berlin
- Van Der Valk, T., Van Driel, J. & De Vos, W. (2007). Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice. In Research in Science Education, 37, 469-488