

Marvin Rost¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht nutzen. Erste Ergebnisse aus einem Ansatz zur Zweckorientierung von Modellen.

Theoretische Grundlagen

Modellbegriff

Modelle sind in den Naturwissenschaftsdidaktiken ein aktuelles Forschungsfeld (vgl. Gilbert & Justi, 2016). Dabei kann zwischen einer eher erkenntnistheoretischen Diskussion und den empirischen Ansätzen unterschieden werden. Die erkenntnistheoretische Betrachtung liefert dabei die Grundlage für die Empirie, weil verschiedene Begriffsverständnisse über entsprechend diverse Messinstrumente zu verschiedenen Ergebnisinterpretationen führen (vgl. Nicolaou & Constantinou, 2014). Die begriffliche Verortung stützt sich im Folgenden auf das Verständnis von Modellen als „epistemic artefacts“ (Knuuttila, 2005, 48ff.). Dieses Modellverständnis hat zwei allgemeine und einen chemiespezifischen Vorteil. Der erste allgemeine Vorteil ist die Vermeidung eines sehr detaillierten, erkenntnistheoretischen Diskurses über das Wesen von Modellen an sich. Dieser ist philosophisch zu führen, die genaue Ausdifferenzierung von Modellen, bspw. als Repräsentationen (vgl. Giere, 2004) oder definierter Merkmalsträger (vgl. Stachowiak, 1973, 131ff.), kann aber für didaktische Belange nur begleitenden Charakter haben. Dort sind Modelle nämlich konkrete Mittel zum Zweck der Erkenntnisgewinnung (Mayer, 2007; Nehring, 2014; Terzer, 2012) und müssen also über diese Zweckbestimmung (vgl. Mahr, 2008) untersucht und operationalisiert werden. Dies ist der zweite Vorteil. Mahr (2008) und Knuuttila (2005) zusammenführend, sind drei Bezugspunkte relevant: a) Das Modellobjekt, bzw. Artefakt, auf das in einem Erkenntnisprozess Bezug genommen wird und das verschiedene Ausprägungsformen (Abbildungen, mathematische Formeln, Ordnungssysteme wie das PSE) haben kann. b) Die Herstellungsperspektive, die sich vor allem auf die Konstruktion des Modells bezieht und als Modellierungsprozess beforscht wird (Bamberger & Davis, 2013; Justi & Gilbert, 2002; Löhner, van Joolingen, Savelsbergh, & van Hout-Wolters, 2005). c) Die Anwendungsperspektive, die hier als Modellnutzung im Fokus steht. Diese Unterscheidung erlaubt bereits Zugänge auf empirische Vorhaben, die bspw. in der Biologiedidaktik als „Modellkompetenz“ (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010) auch schon konkretisiert wurden. Der chemiespezifische Vorteil ist der Umgang mit dem wesentlichen Gegenstand dieses Fachs: der Untersuchung und Interpretation von Phänomenen auf der Teilchenebene. Während für ein rein abbildendes Modellverständnis der Bezug zwischen Original und Modell fehlt – ein Atom kann nicht angemessen abgebildet werden, weil ihm makroskopische Eigenschaften a priori nicht zugeschrieben werden können – kann mit der gleichen Begründung keine sinnvolle Übertragung von Merkmalen und damit keine Modellierung stattfinden. Statt also den Bezugsgegenstand selbst abzubilden, müssen Phänomene durch Modelle beschrieben, erklärt oder vorhergesagt werden. Erst anschließend können dann Interpretationen zu Merkmalsbeschreibungen von submikroskopischen Teilchen führen. Für die Anwendungsperspektive muss ein konkretes Modellobjekt als Mittel der Erkenntnisgewinnung zur Verfügung stehen. Um dieses zur Bearbeitung einer kompetenzorientierten, chemiespezifischen Problemstellung zu verwenden, muss ein kohärentes Schema zur Verfügung stehen, das Erkenntnisgewinnung und Modellnutzung verknüpfen kann. Dazu bedient sich das Forschungsprojekt eines mathematikdidaktischen Ansatzes, dessen Kern weiter unten genauer beschrieben wird (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000; Lesh & Zawojewski, 2007).

Erkenntnisgewinnung

Erkenntnisgewinnung wird in Anlehnung an ein fachübergreifendes Forschungsmodell nach Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen, und Tiemann (2016) als das Durchlaufen des naturwissenschaftlichen Denkens mit Hilfe naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen verstanden. Das naturwissenschaftliche Denken verläuft dabei in drei Subdimensionen: Die Formulierung einer Fragestellung/Hypothese, die Planung/Durchführung einer Untersuchung und die Auswertung/Reflexion der bei der Untersuchung gewonnenen Daten. Zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen gehören in diesem Modell die drei Subdimensionen Beobachten/Vergleichen/Ordnen, das Experimentieren und das Nutzen von Modellen. Dass das Forschungsmodell grundsätzlich empirisch valide ist, konnte bereits gezeigt werden (vgl. Nehring, 2014).

Untersuchungsplanung

Es gilt für das vorliegende Forschungsprojekt, die Dimension der Modellnutzung detaillierter zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde ein Ansatz aus der mathematikdidaktischen Problemlöseforschung (Lesh et al., 2000) als zielführend identifiziert. Ein Modellobjekt lässt sich danach in vier Modellkomponenten gliedern:

- Die Propositionen als kleinstmögliche Sinneinheiten eines Modells. Sie bilden die begriffliche Basis für seine Nutzung und stehen für einzelne Phänomene oder zugeschriebene Eigenschaften.
- Die Relationen beschreiben das Verhältnis der Propositionen zueinander. Das können hierarchische oder sequenzielle Gliederungen sein.
- Die Operationen beschreiben Wechselwirkungen zwischen den Propositionen eines Modells oder Zustandsänderungen einzelner Propositionen. Sie sind dabei abhängig von den Relationen und prozessbezogen.
- Die Regeln eines Modells sind die grundlegenden logischen Verknüpfungen der Modellaussagen. Dabei handelt es sich häufig um Konditionalsätze, beziehungsweise funktionale Zusammenhänge.

Jede Modellkomponente kann nun eine Dimension des naturwissenschaftlichen Denkens ansteuern. So kann auf Basis einer im Modell gegebenen Relation eine Hypothese formuliert, oder auf Basis der zugrunde liegenden Regeln Daten ausgewertet und reflektiert werden (Abb. 1). Es ist zu erwarten, dass die Initiierung der einzelnen Dimensionen, durch die unterschiedlichen Komponenten, auf verschiedenen Schwierigkeitsniveaus abläuft. Die Identifizierung und Nutzung einzelner Propositionen wird als weniger schwierig antizipiert, als die Nutzung abstrakter, logischer Verknüpfungen.

Forschungsfrage und -hypothese

In der Folge lautet die Forschungsfrage: Können die theoretischen Erwartungen zu den Schwierigkeitsniveaus empirisch wiedergefunden werden?

Die entsprechend formulierte Hypothese lautet: Die Lösungswahrscheinlichkeit der Aufgaben sinkt in Abhängigkeit der angesteuerten Modellkomponente in der Reihenfolge Propositionen > Relationen > Operationen > Regeln.

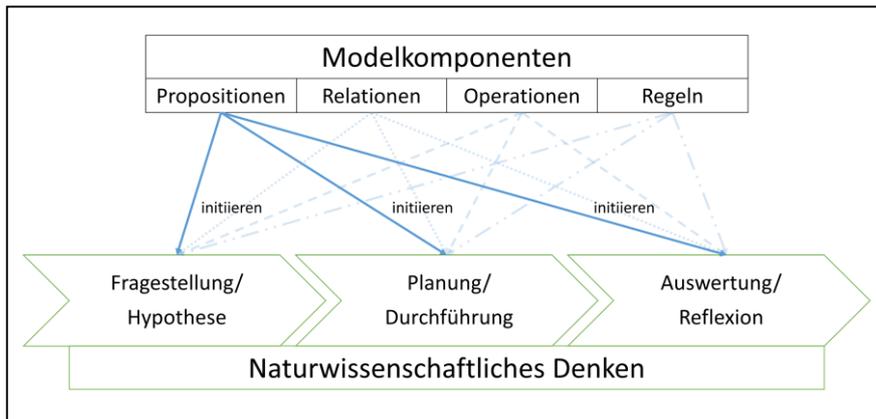


Abb. 1: Die Modellkomponenten initiieren jeweils eine Subdimension des naturwissenschaftlichen Denkens. Zur besseren Übersicht sind drei von vier Verknüpfungen ausgegraut.

Methode

Für die Untersuchung wurde 45 SchülerInnen der 10. Jahrgangsstufe ein Fragebogen vorgelegt, der vier offene Aufgaben zur Identifizierung von drei der vier Modellkomponenten (Propositionen, Relationen und Regeln) in chemiespezifischen Modellen enthielt. Die Komponente der Operationen wurde aus testökonomischen Gründen ausgespart.

Ergebnisse

Von den 45 TeilnehmerInnen waren 27 männlich, 17 weiblich und eine Person ohne Angabe des Geschlechts. 78% der Antworten zu den Propositionen waren theoriekonform und enthielten relevante Beschreibungen. Bei den Relationen waren es 47% und bei den Regeln 6% (vgl. Abb. 2). Es konnten keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden.

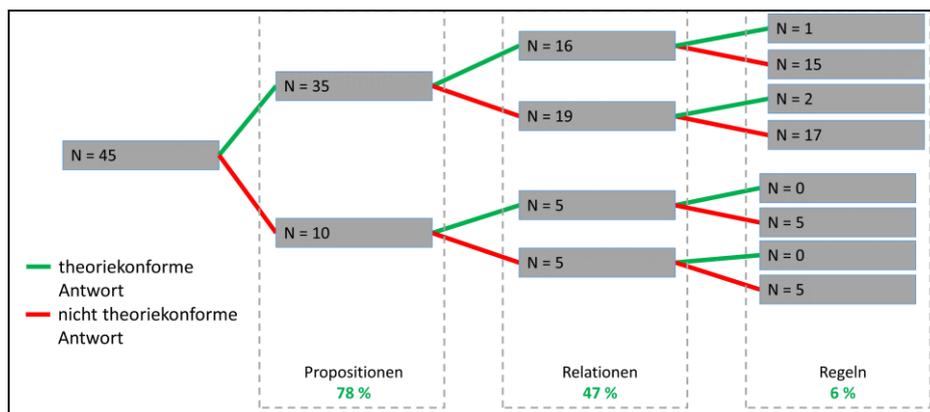


Abb. 2: Pfaddiagramm zur Darstellung der Antwortverteilung. Die deskriptiven Daten illustrieren die Antwortverläufe bezogen auf die jeweilige Modellkomponente.

Literatur

- Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of science education*, 35(2), pp. 213–238.
- Giere, R. N. (2004). How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science*, 71(5), pp. 742–752.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Vol. 9). Cham: Springer International Publishing.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of science education*, 24(4), pp. 369–387.
- Knuuttila, T. (2005). *Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation*. Philosophical studies from the University of Helsinki: Vol. 8. Helsinki: Department of Philosophy, Univ. of Helsinki.
- Lesh, R. A., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers. In A. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 591–646). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R. A., & Zawojewski, J. (2007). Problem Solving and Modeling. In F. K. Lester (Ed.), *The Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 763–804). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Löhner, S., van Joolingen, W. R., Savelsbergh, E. R., & van Hout-Wolters, B. (2005). Students' reasoning during modeling in an inquiry learning environment. *Computers in Human Behavior*, 21(3), pp. 441–461.
- Mahr, B. (2008). Ein Modell des Modellseins: Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In U. Dirks & E. Knobloch (Eds.), *Modelle* (pp. 187–218). Frankfurt am Main: Lang.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biogiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 177–186). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 177*. Berlin: Logos Verl.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Nicolaou, C., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, pp. 52–73.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, New York: Springer-Verlag.
- Terzer, E. (2012). *Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht. Empirische Beschreibung von Modellkompetenz mithilfe von Multiple-Choice Items* (Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, pp. 41–57.