

Julia Elsner¹
Claudia Tenberge¹
Sabine Fechner¹

¹Universität Paderborn

Unterstützung des Modellierungsprozesses durch Analogiebildung im Sachunterricht

Hintergrund und Motivation

Sowohl in der naturwissenschaftlichen Forschung als auch im Lehr-Lern-Kontext stellt das Modellieren eine zentrale Denk- und Arbeitsweise dar (Greca & Moreira, 2000; Krüger et al., 2018). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht ist diese Methode bisher für ausgewählte Phänomene (Aggregatzustände des Wassers, Wasserkreislauf) erprobt. Hier zeigen Lange, Forbes, Helm und Hartinger (2014) für den deutschsprachigen Raum analog zu den Ergebnissen internationaler Studien von Forbes, Schwarz und Zangori (2014) sowie Schwarz et al. (2009) erste Erfolge auf und bestätigen in ihren Untersuchungen, dass Schüler*innen im Primarbereich bereits naturwissenschaftliche Phänomene modellieren können. Die gebildeten Modelle weisen allerdings im Hinblick auf den Erklärungsgehalt und die wissenschaftliche Korrektheit Lücken auf, sodass ein Unterstützungsbedarf für den Modellierungsprozess deutlich wird (Forbes et al., 2014; Lange et al., 2014). Welche weiteren chemie-bezogenen Themen sich für das Modellieren eignen und wie dies unterstützt werden kann, bleibt weitestgehend offen. Dieser Forschungsbedarf bildet den Anlass für das Promotionsvorhaben, das im vorliegenden Beitrag vorgestellt wird.

Theoretischer Rahmen

Modelle nehmen einen bedeutenden Stellwert in den Naturwissenschaften sowie im naturwissenschaftlichen Diskurs ein (Van Driel & Verloop, 1999). In Anlehnung an Van Driel und Verloop (1999) verfügt ein Modell über spezifische Charakteristika, die für die Arbeit mit Modellen und den Austausch über Modelle bedeutsam sind. Ein Modell referiert hiernach auf einen Zielbereich, wie ein Objekt oder Phänomen, und fokussiert spezifische Aspekte, die abhängig vom Forschungsinteresse sind. Das Modell weist dabei Ähnlichkeitsbeziehungen (Analogien) zum Ziel auf, sodass nicht nur Informationen über das (nicht direkt zugängliche) Objekt oder Phänomen geliefert werden, sondern auch Hypothesen generiert und überprüft werden können. Zudem unterliegt die Modellbildung einem Prozess, sodass mithilfe von neuen Erkenntnissen das Modell überarbeitet wird (Bindernagel & Eilks, 2008; Kircher, 2009; Van Driel & Verloop, 1999).

Die hier aufgeführten Charakteristika finden sich u.a. in der Definition von Modellkompetenz nach Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) wieder: Modellkompetenz wird demzufolge auf drei Niveaustufen beschrieben und umfasst jeweils fünf Kompetenzstufen, die sich einerseits auf das deklarative Wissen über Modelle, andererseits auf das Bilden von Modellen – die prozedurale Komponente – beziehen. Hiernach gilt es auf der deklarativen Ebene Wissen über Modelleigenschaften¹ und alternative Modelle zu erlangen. Ferner unterliegen Modelle einem Modellbildungsprozess. Hierbei werden die Modelle für die Erkenntnisgewinnung angewendet sowie für die Generierung und Überprüfung von Hypothesen genutzt (Haider, 2019; Haider & Haider, 2018; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010).

¹ Die Eigenschaften von Modellen lassen sich analog zu den Definitionen von Van Driel und Verloop (1999) beschreiben.

Gilbert und Justi (2016) greifen in ihrem ‚Model of Modelling v2‘ die vorab beschriebene, prozedurale Komponente der Modellkompetenz auf und stellen diese prozesshaft-zyklisch dar. Dabei sind die Phasen des Modellierungsprozesses miteinander verknüpft und stehen zu jedem Zeitpunkt in Beziehung. Beim Modellieren werden vier Phasen durchlaufen: Bildung des mentalen Modells (‚Creation‘), repräsentative Darstellung des mentalen Modells verbal, visuell, gestisch oder mathematisch (‚Expression‘), Modellanwendung in der Empirie durch Experimente oder mental in Form von Simulationen (‚Test‘) sowie die Bewertung im Hinblick auf den Nutzen und die Gültigkeit des Modells in neuen Kontexten (‚Evaluation‘). Währenddessen finden vier kognitive Prozesse (Analogiebildung, Umgang mit bildlichen Repräsentationen, Gedankenexperimente, Argumentieren) Anwendung und sind damit im Verlauf des Modellierungsprozesses vorzufinden (Gilbert & Justi, 2016).

Die Analogiebildung findet sich sowohl im Modellierungsprozess als auch in der aufgeführten Modelldefinition wieder und dient der Beschreibung von Ähnlichkeiten zwischen dem Zielbereich (Objekt oder Phänomen) und dem Modell (u.a. Kircher, 2009; Haider, 2019; Van Driel & Verloop, 1999). In Ergänzung wird nach Duit (1991) die Analogiebildung allgemein als Vergleich zwischen zwei Domänen definiert, die als Analog- und Zieldomäne zu differenzieren sind. Hiernach werden Analogien durch das explizite Vergleichen von strukturellen Merkmalen gebildet (Duit, 1991). Unterschieden werden dabei nach Holyoak und Koh (1987) bzw. Wenke (2006) oberflächliche und (tiefen-)strukturelle Analogien, wobei tiefenstrukturelle Ähnlichkeiten im Gegensatz zu oberflächlichen auf „die zu Grund liegende Struktur bzw. das (abstrakte) Prinzip [referieren]“ (Wenke, 2006, S. 407).

In den Naturwissenschaften, aber auch im schulischen Kontext und im Alltag, findet Analogiebildung Anwendung und wird für das Lösen von Problemen genutzt (Holyoak, 2005; Holyoak, 2012). Um ein Problem (Zieldomäne) zu lösen, gilt es auf einen bekannten Bereich (Quelldomäne) zurückzugreifen und durch Analogiebildung Informationen aus dem Bekannten abzuleiten sowie auf das Unbekannte anzuwenden. Dabei verläuft der Analogie-Transfer-Prozess nach Holyoak (2005) in vier wesentlichen Phasen: Konfrontation mit dem Problem (Zieldomäne), sodass zur Problemlösung ein Rückgriff auf die Quelldomäne stattfindet (‚Retrieval‘), Bildung von Analogien durch die Zuordnung von Gemeinsamkeiten zwischen Quell- und Zieldomäne (‚Mapping‘), Ableiten neuer Erkenntnisse aus der Quelldomäne, wodurch Schlussfolgerungen über die Zieldomäne ermöglicht werden (‚Transfer‘) sowie Ausbildung eines Schemas resp. mentalen Modells durch vermehrte Transferieren (‚Learning‘) (Holyoak, 2005; Kehne, 2019). Förderlich für eine erfolgreiche Transferleistung ist in Anlehnung an die empirischen Befunde von Kehne (2019) das Vergleichen zwischen multiplen Kontexten. Hierdurch zeigen v.a. lernschwächere Schülerinnen und Schüler bessere Transferleistungen auf (Kehne, 2019).

Sowohl im Modellierungsprozess als auch im Analogie-Transfer-Prozess werden neue Erkenntnisse induktiv gebildet. Del Mar Aragón, Oliva und Navarrette (2014) machen in Ergänzung deutlich, dass ähnliche (kognitive) Prozesse zwischen der Analogiebildung und dem Modellieren vorliegen und belegen einen solchen positiven Zusammenhang empirisch: „[T]he pupils with greater understanding of analogies being considered were also those who tended to show a greater ability to verbalize the model of chemical change and reason with it when solving the task they had been set. This suggests that the two competences are linked“ (del Mar Aragón et al., 2014, S. 1979 f.). Den Modellierungsprozess mithilfe der Analogiebildung zu unterstützen, erscheint nach diesen Befunden als sinnstiftend, wobei weitere empirische Untersuchungen hierzu notwendig sind.

Forschungsvorhaben

Um das Modellieren als Methode der Erkenntnisgewinnung im Sachunterricht einzusetzen, gilt es gezielte Hilfestellungen zu entwickeln (Elsner, 2020; Forbes et al., 2014; Lange et al., 2014). In diesem Zusammenhang lassen sich für den chemie-bezogenen Sachunterricht zwei wesentliche Forschungsdesiderate aufdecken: Es fehlen zum einen konkrete Befunde für das schülerseitige Modellieren von chemie-bezogenen Phänomenen, zum anderen gilt es Unterstützungsmöglichkeiten für das Modellieren im Sachunterricht zu entwickeln, empirisch zu erproben und Implikationen für die Praxis abzuleiten. Aus der Studie von Kehne (2019) bietet sich die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen zur Unterstützung der Transferleistung an und soll im folgenden Promotionsprojekt im Kontext des Modellierungsprozesses genauer betrachtet werden.

Somit lassen sich zwei Forschungsfragen generieren:

1. Inwiefern kann das Modellieren im chemie-bezogenen Sachunterricht durch die Analogiebildung unterstützt werden, damit wissenschaftliche Vorstellungen zu einem naturwissenschaftlichen Inhalt angebahnt werden können?
2. Inwieweit erhöht das Bilden von Analogien im Modellierungsprozess den Erklärungsgehalt der schülerseitigen Modelle und lässt sich dahingehend ein Zusammenhang zwischen der Analogiebildung und dem Modellieren beschreiben?

Antwort auf diese Forschungsfragen bietet die empirische Studie im Prä-Post-Design mit Vergleichsgruppen (Abb. 1). Kern der Interventionsstudie ist eine Unterrichtseinheit, die die Phasen des Modellierungsprozesses aufgreift und die durch analoge Phänomene zum Thema *Löslichkeit* ausgestaltet ist. Hierbei werden in der einen Gruppe Analogien im Unterricht bewusst angeleitet, sodass der Unterstützungsgehalt zu identifizieren ist. Die Vergleichsgruppe erhält demgegenüber einen regulären Unterricht zum Thema *Löslichkeit* und keine analogen Lernsituationen. Diese Studie soll Aufschluss darüber geben, wie das Modellieren durch die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen unterstützt werden kann, sodass wissenschaftliche Vorstellungen zu chemie-bezogenen Inhalten angebahnt werden können.

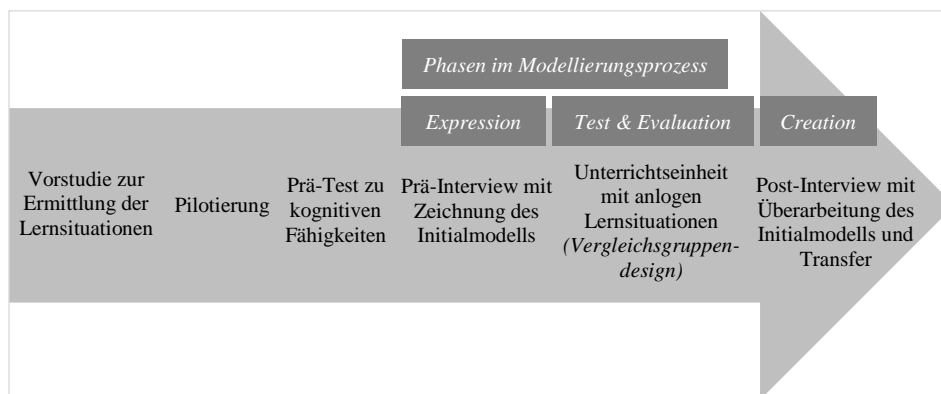


Abb. 1: Untersuchungsdesign

Ausblick

Für die Vorbereitung der Studie gilt es chemie-bezogene Inhalte so auszuwählen, dass diese einerseits für das Modellieren geeignet sind, andererseits Analogien zwischen multiplen Phänomenen gebildet werden können. Die geplanten Lernsituationen benötigen dahingehend eine Pilotierung in der Praxis, um diese für die Hauptstudie zu optimieren.

Literatur

- Bindernagel, J. A., & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *CHEMKON*, 15(4), 181-186.
- Del Mar Aragón, M., Oliva J. M., & Navarrete, A. (2014). Contributions of learning through analogies to the construction of secondary education pupils' verbal discourse about chemical change. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1960-1984.
- Duit, R. H. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Elsner, J. (2020). *Modellieren von chemie-bezogenen Phänomenen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Masterarbeit*. Paderborn: unveröffentlicht.
- Forbes, C. T., Schwarz, C., & Zangori, L. (2014). Development of an empirically-based learning performances framework for 3rd-grade students' model-based explanations about hydrologic cycling. In J. L. Polman et al. (Hg.), *Learning and Become in Practice: The International Conference of the Learning Sciences. Volume 1*. Boulder, Colorado: International Society of the Learning Sciences, 46-53.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Schweiz: Springer.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Haider, M. (2019). *Modellkompetenz im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Eine empirische Studie zum Lernen mit Modellen und über Modelle in der Primarstufe*. Berlin: Logos.
- Haider, M., & Haider, M. (2018). Lernunterstützende Maßnahmen im (naturwissenschaftlichen) Modellierungsprozess. *Widerstreit Sachunterricht*, 24, 1-11.
- Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hg.), *Cambridge handbook of thinking and reasoning*. New York: Cambridge University Press, 117-142.
- Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hg.), *Oxford handbook of thinking and reasoning*. New York: Oxford University Press, 234-259.
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15(4), 332-440.
- Kehne, F. (2019). *Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Kircher, E. (2009). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer, 735-762.
- Krüger, D., Kauertz, A., & Upmeyer zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, 141-157.
- Lange, K., Forbes, C., Helm, K., & Hartinger, A. (2014). Forschen heißt auch modellieren! Wie kann Modellieren im Sachunterricht gefördert werden? *Grundschulunterricht Sachunterricht*, 4/2014, 17-22.
- Schwarz, C. V. et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41-57.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teacher's knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Wenke, D. (2006). Analoges Schließen. In J. Funke & P. A. Frensch (Hg.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie – Kognition*. Göttingen: Hogrefe, 406-411.