

Julia Elsner¹
Claudia Tenberge¹
Sabine Fechner¹

¹Universität Paderborn

Analogien zur Förderung schülerseitigen Modellierens im Sachunterricht

Hintergrund und Motivation

Das Erlernen naturwissenschaftlicher Konzepte und Methoden ist Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) und sollte im Sinne kumulativen Lernens bereits in der Grundschule angebahnt werden (Bybee, 1995, 2002; Steffensky, 2015). Für den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte im Sachunterricht zeigt sich das Arbeiten mit oberflächlich unähnlichen Phänomenen als lernförderlich (Lohrmann et al., 2014). Unähnliche Phänomene zeichnen sich nach Lohrmann et al. (2014) und in Anlehnung an Holyoak und Koh (1987) sowie Gentner (1989) dadurch aus, dass diesen zwar ein gemeinsames Funktionsprinzip zugrunde liegt, allerdings wenig ähnliche Oberflächenmerkmale vorliegen. Die Phänomene weisen demzufolge ein unterschiedliches äußeres Erscheinungsbild auf. Dadurch sollen insbesondere Analogien auf der tiefenstrukturellen Ebene geschlossen werden. Lohrmann et al. (2014) zeigen in ihrer Studie für den physik-bezogenen Sachunterricht, dass sich das vermehrte Vergleichen zwischen unähnlichen Phänomenen positiv auf den Wissenszuwachs von Grundschüler*innen auswirkt. Kehne (2019) bestätigt dies empirisch für den Sekundarbereich im Fach Chemie. Das Lernen chemischer Konzepte zeigt sich hiernach durch das Vergleichen multipler Phänomene im Sinne des Analogie-Transfer-Prozesses förderlich für den Wissenstransfer (Kehne, 2019). Inwiefern Analogien zur Förderung des Konzepterwerbs im chemie-bezogenen Sachunterricht genutzt werden können, ist derzeit kaum beforscht. Allerdings lässt sich anhand der positiven Befunde von Lohrmann et al. (2014) für den physik-bezogenen Sachunterricht und Kehne (2019) für das Fach Chemie vermuten, dass die Analogiebildung zwischen unähnlichen Phänomenen förderlich für den Konzepterwerb im chemie-bezogenen Sachunterricht sein könnte.

Theoretischer Rahmen

Ausgangspunkt für den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte sind die individuellen mentalen Modelle der Lernenden. In Anlehnung an Vosniadou (1994) werden mentale Modelle als individuelle interne Repräsentationen definiert, die abhängig von den subjektiven Vorerfahrungen und Überzeugungen sind (Vosniadou, 1994; Vosniadou & Brewer, 1992). Solche mentalen Modelle werden für das Erklären von Phänomenen, das Bilden von Analogien sowie das mentale Modellieren und Simulieren genutzt (Greca & Moreira, 2000; Nitz & Fechner, 2018). Weiterführend lassen sich mentale Modelle nach Vosniadou und Brewer (1992) in ursprüngliche (*initial*), synthetische (*synthetic*) und wissenschaftliche (*scientific*) mentale Modelle einteilen. Ursprüngliche mentale Modelle werden von Lernenden induktiv anhand von Beobachtungen und Erfahrungen gebildet. Vosniadou und Brewer (1992) gehen davon aus, dass solche mentalen Modelle bereits im Kindesalter ohne Informationen oder Erklärungen von Erwachsenen gebildet werden. Durch Konfrontation mit neuen Informationen entstehen synthetische mentale Modelle. Werden die synthetischen mentalen Modelle weiterentwickelt und die Erfahrungen und Erklärungen neu interpretiert, kann ein wissenschaftliches mentales Modell erreicht werden, das den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen entspricht (Vosniadou & Brewer, 1992). Um eine solche

Weiterentwicklung hin zu einem wissenschaftlichen mentalen Modell zu erreichen, schlägt Vosniadou (1994) die aktive Auseinandersetzung mit dem mentalen Modell, das gemeinsame Diskutieren von Erklärungsansätzen sowie das Anwenden und Überarbeiten des bestehenden mentalen Modells vor (Vosniadou, 1994).

Eine Möglichkeit der aktiven Auseinandersetzung mit dem mentalen Modell bietet das Modellieren. Mithilfe des Modellierens können Vorhersagen über Phänomene getroffen, Hypothesen getestet und das bestehende mentale Modell überarbeitet bzw. erweitert werden (Krüger et al., 2018; Upmeier zu Belzen et al., 2019; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). In Anlehnung an Gilbert und Justi (2016) wird das Modellieren als ein zyklischer Prozess beschrieben, der in vier miteinander verbundenen Phasen vollzogen wird. Ausgangspunkt für den Modellierungsprozess stellt das ursprüngliche mentale Modell des Lernenden dar. Dieses wird beim Modellieren in unterschiedlichen Repräsentationsarten ausgedrückt und kann anschließend in Experimenten oder Simulationen angewendet werden. Mithilfe der neu gewonnenen Erkenntnisse wird das Modell evaluiert, in neuen Kontexten angewendet und dabei überarbeitet. Während des Modellierens laufen diverse kognitive Prozesse, wie die Analogiebildung, ab. Die Analogiebildung nimmt hierbei eine wesentliche Rolle ein und wird im Modellierungsprozess genutzt, um zum Beispiel zwischen verschiedenen Experimenten Vergleiche zu ziehen oder die Beziehung zwischen dem Modell und neuen Kontexten zu analysieren (Gilbert & Justi, 2016).

Die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen nimmt im Kontext des Promotionsvorhabens einen zentralen Stellenwert ein. Analogien werden in diesem Zusammenhang nicht nur als Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Modell und Objekt definiert, wie sie u.a. von Driel und Verloop (1999), Bindernagel und Eilks (2008) oder Kircher (2015) verstanden werden, sondern dienen auch zum Vergleich zwischen multiplen Phänomenen. Dieses Analogieverständnis spiegelt sich ebenfalls bei Lohrmann et al. (2014) und Kehne (2019) wider und stützt sich auf den Structure-Mapping-Ansatz nach Gentner (1983) bzw. den Analogie-Transfer-Prozess nach Holyoak (2005). In beiden Ansätzen spielt das *Mapping* eine wesentliche Rolle. *Mapping* bezeichnet in Anlehnung an Gentner (1983) das strukturelle Vergleichen zwischen zwei Phänomenen (Quell- und Zieldomäne). Holyoak (2005) erweitert dies und integriert das *Mapping* in den Analogie-Transfer-Prozess. Mithilfe des Analogie-Transfer-Prozesses ist es möglich, dass durch vermehrtes strukturelles Vergleichen Schlussfolgerungen abgeleitet werden können und das erworbene Wissen auf neue Phänomene angewendet werden kann. Durch eine solche wiederholte Transferleistung wird das bestehende mentale Modell erweitert, sodass generalisierbares (konzeptuelles) Wissen erworben werden kann (Holyoak, 2005).

Für den Konzepterwerb in der Grundschule zeigen sich, wie eingangs dargestellt, v.a. unähnliche Beispiele als hilfreich. Inwieweit Analogien zwischen unähnlichen Phänomenen zum Erwerb konzeptuellen Wissens im chemie-bezogenen Sachunterricht beitragen können, ist Kern des vorliegenden Promotionsvorhabens.

Forschungsvorhaben

Ausgehend von der theoretischen Grundlegung und den bestehenden empirischen Befunden lässt sich vermuten, dass Analogien zur Förderung des schülerseitigen Modellierens im chemie-bezogenen Sachunterricht verwendet werden können. Demzufolge lassen sich für das Promotionsprojekt zwei wesentliche Forschungsfragen ableiten:

- (1) Inwiefern kann das schülerseitige Modellieren im chemie-bezogenen Sachunterricht durch die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen unterstützt werden?
- (2) Inwieweit werden wissenschaftliche Konzepte zum Thema Löslichkeit mithilfe des schülerseitigen Modellierens angebahnt?

Die hier aufgeführten Forschungsfragen werden empirisch in der vierten Jahrgangsstufe der Grundschule im Rahmen einer Interventionsstudie im Vergleichsgruppendesign untersucht. Kern der Interventionsstudie bilden Experimentiersituationen zu ausgewählten Phänomenen im Bereich Löslichkeit von Stoffen. Die Phänomene entstammen lebensnahen Kontexten und weisen eine Ähnlichkeit hinsichtlich ihrer Tiefenstruktur – dem vergleichbaren Löseverhalten fester Stoffe in Wasser bzw. Öl – auf. Oberflächlich sind die Phänomene in Anlehnung an die Studienergebnisse von Lohrmann et al. (2014) unähnlich. Die Experimentiersituationen sind so gestaltet, dass diese eigenständig von den Lernenden in Partnerarbeit durchgeführt werden können. Das Experimentieren wird von einem Forschertagebuch begleitet, in dem Hinweise zu den Experimenten und Modellierungsaufgaben aufgeführt sind. Das schülerseitige Modellieren geschieht in Anlehnung an Gilbert und Justi (2016) anhand von 2D-Modellen in Form von Zeichnungen. Hierdurch soll das individuelle mentale Modell ausgedrückt und zur Erklärung der Phänomene angewendet sowie in der Kleingruppe diskutiert werden.

Beide Gruppen erhalten identische Experimentiersituationen. Gruppe A dient dabei als Interventionsgruppe und wird mithilfe von spezifischen Scaffolds in Form von Hilfekarten unterstützt, wodurch das explizite Vergleichen zwischen den Phänomenen angeregt werden soll. Gruppe B dient als Vergleichsgruppe und erhält keine Scaffoldingmaßnahmen zur Unterstützung der Analogiebildung.

Um zu Beginn der Studie die kognitiven Fähigkeiten und Lernvoraussetzungen der Schüler*innen zu ermitteln, wird zunächst der kognitive Fähigkeitstest (KFT 4+R) von Heller und Perleth (2000) durchgeführt. Mithilfe dieser Ergebnisse wird dann die Gruppeneinteilung mittels *matched pairs*, wie es Denscombe (2014) vorschlägt, vorgenommen, sodass die Vergleichbarkeit beider Gruppen gewährleistet wird. Darauf hinaus werden Prä-Post-Interviews mit den Schüler*innen geführt, um den Konzepterwerb im Rahmen der Studie zu beurteilen. Im Prä-Interview wird das ursprüngliche mentale Modell zur Löslichkeit von Salz in Wasser erfasst. Hierbei sollen die Lernenden den Löseprozess von Salz in Wasser in einem 2D-Modell zeichnerisch ausdrücken (modellieren) und das Phänomen anhand ihrer Zeichnung erläutern. Im Post-Interview werden die Schüler*innen aufgefordert, das im Prä-Interview gezeichnete Modell mit den neuen Erkenntnissen aus der Intervention zu überarbeiten. Ergänzend hierzu erhalten die Lernenden eine Transferaufgabe zur Mischbarkeit von Öl in Wasser, wodurch die Transferfähigkeit explizit erhoben werden soll. Sowohl die Interviews als auch die Interventionen werden videografiert.

Ausgewertet werden die erhobenen Videodaten mithilfe von MAXQDA und der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Zudem liegen Schüler*innendokumente in Form von Forschertagebüchern und Zeichnungen vor. Durch diese Vielfalt an Daten soll die Triangulation der Daten erreicht werden, wie es Flick (2011) vorschlägt.

Ausblick

Zur Überprüfung der entworfenen Materialien, dem Interviewleitfaden und der geplanten Intervention ist eine Pilotstudie geplant, die im November 2021 durchgeführt wird. Die Datenerhebung im Rahmen der Hauptstudie soll im Frühjahr 2022 stattfinden.

Literaturverzeichnis

- 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.
- Bybee, R. W. (1995). Achieving Scientific Literacy. *The Science Teacher*, 62(7), 28–33.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität. In W. Gräber, P. M. Nentwig, T. Koballa & R. Evan (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). Leske + Budrich.
- Denscombe, M. (2014). *The good research guide*. Open University Press.
- Driel, J. H. van & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141–1153.
- Flick, U. (2011). *Triangulation: Eine Einführung* (3., aktualisierte Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, 7(2), 155–170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Hrsg.), *Similitude and analogical reasoning* (S. 199–241). Cambridge University Press.
- Gilbert, J. K. & Justi, R. S. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Bd. 9). Springer International Publishing.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11.
- Heller, K. A. & Perlth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen*. Beltz Testgesellschaft.
- Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hrsg.), *Cambridge handbook of thinking and reasoning* (S. 117–142). Cambridge University Press.
- 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. Studien zum Physik- und Chemielernen*.
- Kircher, E. (2015). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl., 784–807). Springer Spektrum.
- Krüger, D., Kauertz, A. & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 17, S. 141–157). Springer Berlin Heidelberg.
- Lohrmann, K., Hartinger, A., Schwelle, V. & Hartig, J. (2014). Die Bedeutung der (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau von konzeptuellem Wissen. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 7(2), 60–73.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Beltz.
- Nitz, S. & Fechner, S. (2018). Mentale Modelle. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 10, S. 69–86). Springer Berlin Heidelberg.
- Steffensky, M. (2015). Chemische Aspekte. In J. Kahler, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik: Bd. 8621. Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl., S. 128–132). Verlag Julius Klinkhardt.
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J. & Krüger, D. (2019). Introducing a framework for modeling competence. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (S. 3–19).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535–585.