

*Michael Haider, Thomas Haider und
Maria Fölling-Albers*

Lernen mit Modellen im Sachunterricht am Beispiel elektrischer Stromkreis

Models play an important role in daily life. In the following article we will illustrate the importance of learning with models in science education. This report presents an overview of theoretical approaches to model and empirical evidence in this field and selected results of a study funded by the German Research Foundation (DFG).

1. Modelle als Möglichkeit der Lernunterstützung

1.1 Modelle – Merkmale und Funktionen

Nach der allgemeinen Modelltheorie (Stachowiak 1973) weisen Modelle die Hauptmerkmale Abbildungsmerkmal, Verkürzungsmerkmal und pragmatisches Merkmal auf (siehe auch Schwarz et al. 2009, Harrison/ Treagust 2000, Lange/ Hartinger 2014). Modelle erfassen jedoch nicht alle Merkmale und Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur die, die den Modellschaffern oder Modellnutzern als relevant erscheinen. Schließlich sind Modelle ihren Originalen nicht per se zugeordnet, sondern es finden modellnutzende, zeitliche oder auf Operationen beschränkte Zuordnungen statt (vgl. Stachowiak 1973, Schwarz et al. 2009). Modelle stellen also „Realität“ vereinfacht dar, sollen aber den Kriterien fachlicher und inhaltlicher Korrektheit genügen. Zu ein und demselben Phänomen können unterschiedliche Modelle erstellt werden – abhängig von der Fragestellung bzw. Perspektive und Akzentuierung gegenüber dem jeweiligen Phänomen. Daher scheint es angemessen, Modelle (ausgehend davon, dass sie empirischen Evidenzen genügen) nicht als „richtig“ oder „falsch“ zu klassifizieren, sondern als „zweckerfüllend“ oder nicht. Modelle müssen somit ihren unterschiedlichen Funktionen gemäß entwickelt werden. Zu diesen Funktionen zählen die Vereinfachung und Reduktion komplexer Phänomene auf wesentliche Merkmale, die

Veranschaulichung, die Analogiebildung und die Simulation, um Vorhersagen treffen zu können. Diese vier Merkmale fasst Seel (1991) unter dem Begriff der didaktischen Funktionen von Modellen zusammen und überträgt diese auch auf mentale Modelle.

1.2 Modelle im Unterricht

Im naturwissenschaftlichen Unterricht stellen Modelle zum einen ein Medium der Erkenntnisvermittlung dar (vgl. Kattmann 2006, Terzer/ Upmeyer zu Belzen 2007) und sie können zum anderen – auf der Metaebene – selbst Unterrichtsinhalt sein, indem mit ihrer Hilfe naturwissenschaftliche Arbeitsweisen vermittelt werden (Duit/ Gropengießer/ Stäudel 2007). Durch ihren Einsatz soll bei den Schüler/innen ein kompetenter Umgang mit Modellen erreicht werden.

Auch im Sachunterricht werden mit Hilfe von Modellen Sachverhalte verkürzt und mit eingeschränkter Gültigkeit abgebildet (Schwarz et al. 2009, Lange/ Hartinger 2014). Dabei können entweder Ähnlichkeitsmerkmale (Modell sieht aus wie Original) oder strukturelle Merkmale (z.B. die gleiche Struktur bei Modell und Phänomen) im Vordergrund stehen.

1.3 Spezialfall: Analogiemodelle

Analogiemodelle weisen im Unterricht spezifische Merkmale und Funktionen auf. Anhand der Modelle wird erarbeitet, was im primären, also dem „eigentlichen“ Lernbereich, nicht oder nur unzureichend gelernt werden kann. So kann beim Thema „elektrischer Stromkreis“ das Lernziel, dass der Strom im Kreis fließt und nicht verbraucht wird, z.B. anhand eines Wassermodells veranschaulicht und erarbeitet werden. Ein sekundärer Lernbereich (z.B. das Wassermodell) dient somit als „Brücke“ zum Erlernen des unanschaulichen Lerninhalts – der Elektronenfluss im Kabel ist nicht beobachtbar. Analogien wird beim Erwerb tragfähiger wissenschaftlicher Konzepte somit eine „Brückenfunktion“ zugeschrieben: Lernende sollen auf ihr Wissen in einem sekundären Bereich zurückgreifen, um auf den primären Lernbereich Analogieschlüsse zu ziehen. Allerdings gilt es zu prüfen, ob bzw. inwiefern die Schüler/innen Analogiemodelle für ihren Lernprozess nutzen (können). Somit ergeben sich Forschungsfragen bzgl. der Anwendung von Analogien für die Klärung physikalischer Phänomene (z.B. der Erklärung des Stromkreises mit Hilfe von Analogiemodellen).

2. Studie mit Modelleinsatz

Im Rahmen einer von der DFG geförderten Studie¹ wurde der Einsatz verschiedener Modelle (Wassermodelle und mechanische Modelle, hier: Riemenmodelle) zu einem physikalischen Sachverhalt (Stromkreis) untersucht. In einem quasi-experimentellen Design wurden zwei Experimentalgruppen (Wassermodellgruppe und Riemenmodellgruppe) einer Kontrollgruppe, die zu diesem Thema ohne den Einsatz von Modellen unterrichtet wurde, und einer Wartegruppe, die keinen Unterricht zum Thema „Stromkreis“ erhielt, gegenüber gestellt. Die Stichprobe umfasste je vier Klassen der dritten Jahrgangsstufe. Die Interventionen wurden von derselben Lehrkraft in allen Klassen durchgeführt.²

An insgesamt sechs Messzeitpunkten wurden qualitative³ und quantitative Daten zum Lerngewinn der Schüler/innen hinsichtlich der Stromfluss- und Stromverbrauchsvorstellungen erhoben. Ob bzw. inwiefern der konkrete Einsatz der Analogiemodelle den Lernprozess der Schüler/innen unterstützt hat, wird nachfolgend dargestellt. Die Daten beziehen sich auf die Fragebogenerhebungen der MZPe 2 und 4 – d.h. vor und nach den Unterrichtseinheiten 4-6.⁴

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse hinsichtlich eines angemessenen Stromflusskonzeptes

Die Unterrichtseinheiten 4-6 bewirkten einen signifikanten Lernzuwachs beim Stromflusskonzept. In allen drei Gruppen ist ein signifikanter Anstieg im Wissen um den Stromfluss zu verzeichnen. Der Leistungszuwachs ist in den Experimentalgruppen (Wassergruppe und mechanische Gruppe) zwar höher als in der Kontrollgruppe. Allerdings sind die Effekte, die durch die

¹ Fördernummer HA 6072/2-1.

² Eine ausführlichere Beschreibung des Designs findet sich u.a. bei Haider/ Keck/ Haider/ Fölling-Albers 2013, eine ausführliche Beschreibung der Interventionen in Keck/ Haider/ Haider/ Fölling-Albers 2013.

³ Die qualitativen Daten sind noch nicht ausgewertet. Deshalb werden in diesem Beitrag nur Daten zu den quantitativen Erhebungen (Fragebögen) dargestellt.

⁴ In den Unterrichtseinheiten 1-3 haben die Schüler/innen u.a. einen Stromkreis praktisch aufgebaut. Es wurden ihnen Batterien, Kabel und Lämpchen bereitgestellt. Am MZP3 wurden prozessbegleitend Interviews mit ausgewählten Schüler/innen zu ihren Modellvorstellungen durchgeführt.

eingesetzten Modelle erzielt worden sind, im Vergleich zur Kontrollgruppe statistisch nicht signifikant.

Vergleicht man die Lernzuwächse differenziert nach verschiedenen Subgruppen, so zeigt sich einen höchst signifikanter Zusammenhang zwischen der Schulleistungsgruppe und der Mittelwertsänderung durch die Unterrichtsstunden 4-6 ($\eta^2=0,61$). Dies ist jedoch unabhängig davon, ob im Unterricht ein Modell zum Einsatz gekommen ist oder nicht. Schüler/innen des unteren Leistungsdrittels haben einen signifikant höheren Lernzuwachs durch die „Modelleinheiten“ (UE 4-6) als Schüler/innen des mittleren und oberen Drittels. Hier lässt sich also ein Kompensationseffekt bei den Stromflussvorstellungen zeigen. Allerdings zeigte sich bei den beiden oberen Leistungsgruppen bereits beim MZP2 ein Deckeneffekt

3.2 Ergebnisse hinsichtlich der Stromverbrauchsvorstellungen

Ein Vergleich zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen zeigt, dass die Gruppe, die mit dem Riemenmodell gearbeitet hatte, den stärksten Lernzuwachs erzielte, die Kontrollgruppe, in der keine Analogiemodelle eingesetzt worden waren, den zweitstärksten. Fast keinen Lernzuwachs hinsichtlich korrekter Vorstellungen zum „Stromverbrauch“ zeigte die Gruppe, die mit Wassermodellen gearbeitet hatte. Die Unterschiede im Lernzuwachs sind jedoch nicht signifikant. Es lässt sich nachweisen, dass Schüler/innen mit unterschiedlichem *Vorwissen* unterschiedlich vom Einsatz der Modelle bzw. des Unterrichts in der KG profitierten. Der Anstieg beim Aufbau korrekter Vorstellungen zum „Stromverbrauch“ ist bei der Gruppe mit wenig *Vorwissen* signifikant höher als bei den Gruppen mit höherem *Vorwissen*.

Signifikante Unterschiede ergeben sich im Lernzuwachs durch UE 4-6 auch bei den Subgruppen *Mädchen und Jungen*: Die Jungen lernten durch die über den Bau eines Stromkreises hinausgehenden Unterrichtsstunden (UE 4-6) signifikant mehr dazu als die Mädchen.

Ein Vergleich von Mädchen und Jungen zeigt zudem: Bei den Mädchen sanken richtige Vorstellungen zum Stromverbrauch in der Wassermodellgruppe, Jungen hingegen profitierten von beiden Modellen. Die Jungen der Kontrollgruppe gewannen dagegen kaum hinzu.

4. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen: Der Einsatz von Modellen kann anspruchsvolle und wenig anschauliche naturwissenschaftliche Lerninhalte nachdrücklich unterstützen, doch es gibt keinen „Automatismus“. Verschie-

dene Schülergruppen profitierten unterschiedlich vom Einsatz der Modelle. So profitierten zum Abbau von Stromverbrauchsvorstellungen z.B. Kinder mit wenig Vorwissen und die Gruppe der Jungen besonders vom Einsatz der Analogiemodelle. Auch beim Aufbau adäquater Flussvorstellungen im Gleichstromkreis lernten Kinder mit wenig Vorwissen besser, wenn sie anhand der Modelle die Kreisbewegungen anschaulich nachvollziehen konnten. Der Wissensvorsprung der leistungsstärkeren Kinder konnte durch die „zusätzlichen“ Unterrichtseinheiten 4-6 weitgehend kompensiert werden. Viele Mädchen scheinen vom Wasserkreislaufmodell überfordert gewesen zu sein. Es ist zu prüfen, ob die qualitativ erhobenen Daten Hinweise auf mögliche Ursachen für dieses Ergebnis liefern.

Ein Vergleich mit der Untersuchung von Haider (2010), in der zum Teil ein entsprechender Untersuchungsaufbau vorlag, zeigt diskussionswürdige Punkte. In dieser Studie waren die Schüler/innen der KG deutlich weniger erfolgreich als die Schüler/innen der Experimentalgruppen. In der aktuellen Untersuchung konnte dieses Ergebnis nicht bestätigt werden. Die guten Leistungen der KG in der vorliegenden Studie führen wir zum einen auf das „faire Design“ zurück, nicht zuletzt aber auch auf den qualitativ hochwertigen Unterricht in dieser Gruppe. In der Untersuchung von Haider (2010) führten die Klassenlehrer/innen der KG ihren „üblichen“ Unterricht zum Thema „Strom“ durch. In der vorliegenden Untersuchung hingegen erhielten auch die Schüler/innen der KG einen Unterricht, in dem das Thema sowohl fachlich differenziert als auch handlungsbezogen und diskursiv erarbeitet wurde. Der Unterricht wurde in allen Klassen von einer ausgewiesenen Expertin für naturwissenschaftlichen Sachunterricht durchgeführt (Studienfach: Physik). Die Ergebnisse bestätigen somit den Stellenwert fachlicher und pädagogischer Expertise für erfolgreichen Unterricht – in diesem Fall naturwissenschaftlichen Fachwissens und fachdidaktischen Wissens (vgl. Entsprechendes auch in weiteren Studien wie PLUS: Lange/ Kleickmann/ Möller 2012 und COACTIV: Baumert/ Kunter/ Voss/ Blum/ Brunner/ Jordan 2010).

Literatur

- Baumert, J.; Kunter, M.; Voss, T.; Blum, W.; Brunner, M.; Jordan, A. (2010): Teachers' mathematical Knowledge, cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), pp. 133-180.
- Duit, R.; Gropengießer, H.; Stäudel, L. (2011): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Seelze-Velber.
- Haider, M. (2010): Der Stellenwert von Analogien für den Erwerb naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Bad Heilbrunn.

- Haider, M.; Keck, M.; Haider, T.; Fölling-Albers, M. (2013): Analogiemodelle als didaktisches Mittel zur Unterstützung naturwissenschaftlicher Lernprozesse. In: Fischer, H.J.; Giest, H.; Pech, D. (Hrsg.): *Der Sachunterricht und seine Didaktik. Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln*. Bad Heilbrunn, S. 147-154.
- Harrison, A.G.; Treagust, D. (2006): Teaching and Learning with Analogies: Friend or Foe. In: Aubusson, J.B. (Hrsg.): *Metaphor and Analogy in Science Education*. Berlin, pp. 11-219.
- Kattmann, U. (2006): Modelle. In: Gropengießer, H.; Kattmann, U. (Hrsg.): *Fachdidaktik Biologie*. (7. Ausg.). Köln.
- Keck, M.; Haider, M.; Haider, T.; Fölling-Albers, M. (2013): Analogiegestützter Unterricht zum Thema elektrischer Strom. *GDSU-Journal*, Heft 3, S. 11-22.
- Lange, K.; Hartinger, A. (2014): Modellierungskompetenz – Konzeptionierungen und Verortung im Sachunterricht. In: Fischer, H.-J.; Giest, H.; Peschel, M. (Hrsg.): *Lernsituationen und Aufgabekultur im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn, S. 165-172.
- Lange, K.; Kleickmann, T.; Tröbst, S.; Möller, K. (2012): Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im Sachunterricht. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, S. 55-75.
- Mikelskis-Seifert, S.; Kasper, L. (2011): Modellieren in der Physik, im Alltag und im Unterricht. Hintergründe und unterrichtliche Orientierung zum Thema Modelle. In: *Unterricht Physik*, 122, S. 4-12.
- 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 Modelling Accessible and Meaningful for Learners. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 6, pp. 632-654.
- Seel, N.M. (1991): *Weltwissen und mentale Modelle*. Göttingen, Toronto, Zürich.
- Stachowiak, H. (1973): *Allgemeine Modelltheorie*. Wien.
- Terzer, E.; Upmeyer zu Belzen, A. (2007): Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. In: *IDB Münster. Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie*, Bd. 16. Münster, S. 33-56.