

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

## **Analogiemodelle als didaktisches Mittel zur Unterstützung naturwissenschaftlicher Lernprozesse**

*Developing mental concepts in scientific contexts can be a challenging learning process. On the one hand the issues can be complex; on the other hand the causes behind visible phenomena often cannot be illustrated by using simple schemes. One possibility to support scientific learning and basic understanding is the use of illustrative analog models. This report presents a study funded by the German Research Foundation (DFG). The aim of the study is to look whether analogies support the understanding of electric circuits and reduce primary school students' idea of current drain. Qualitative and quantitative data are collected at several times in order to evaluate learning processes and learning effects.*

Naturwissenschaftliche Grundbildung ist ein zentraler Auftrag an den Unterricht in der Grundschule. Diese umfasst zum einen verschiedene fachliche Kompetenzen und Wissensarten, aber auch überfachliche Kompetenzen und affektive Komponenten. Dieses (international anerkannte) Konzept der „scientific literacy“ wird in den letzten Jahren verstärkt auch in die Lehrpläne der Bundesländer aufgenommen (vgl. Labudde/ Möller 2012). Beim Aufbau naturwissenschaftlicher Kompetenzen und Konzepte im schulischen Unterricht ist allerdings zu bedenken, dass vorangegangene Alltagserfahrungen den wissenschaftlichen Konzepten widersprechen können. Deshalb gilt es, die Vorerfahrungen und Alltagsvorstellungen der Schüler/innen zum Ausgangspunkt des Unterrichts zu machen und diese mit den wissenschaftlichen Konzepten zu verknüpfen.

## 1. Lernprozesse in naturwissenschaftlichen Disziplinen

Lernprozesse in naturwissenschaftlichen Disziplinen erfordern von den Schüler/innen sehr häufig die Aufgabe ihrer bisherigen Vorstellungen darüber, wie etwas funktioniert oder warum bestimmte Dinge sich so „verhalten“ – z.B. schwere Gegenstände nicht untergehen. Alltagskonzepte der Schüler/innen und wissenschaftliche Konzepte sind oftmals nicht nur unterschiedlich, sondern sie stehen nicht selten sogar in Widerspruch zueinander. Die Schwierigkeit bei der Überwindung bisheriger Konzepte ist aus verschiedenen Gründen oftmals sehr schwierig, zum einen, weil sich diese Konzepte und Vorstellungen im Alltag bewährt haben, zum anderen, weil die wissenschaftlichen Konzepte nicht anschaulich darstellbar sind. Die Veränderungen bisheriger Erklärungen und Vorstellungen wird in der Naturwissenschaftsdidaktik seit einigen Jahrzehnten als Konzeptwechsel („conceptual change“) beschrieben – wobei der Terminus unscharf ist und Konzeptveränderungen unterschiedliche Prozesse und Abstufungen enthalten können (vgl. dazu u.a. Duit 1996).

Eine zentrale Komponente für den Aufbau naturwissenschaftlicher Konzepte stellt die Modellierung dar: Bei den wahrnehmbaren (Alltags-)Phänomenen müssen die zugrunde liegenden Strukturen erkannt und ihre Zusammenhänge erfasst werden. Um dies zu unterstützen, bedarf es verschiedener didaktischer Maßnahmen. Die KMK (2004) formulierte für die Unterstützung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse verschiedene Aufgaben, die im Unterricht berücksichtigt werden sollten. Demnach sind Phänomene zunächst wahrzunehmen, zu beobachten und zu beschreiben. In einem weiteren Schritt sind diese dann zu ordnen und in Beziehung zu setzen. Im Anschluss daran können eigene Erklärungen und Hypothesen formuliert werden, die durch Experimente und Auswertungen zu prüfen sind. Modellierung findet im Ansatz der KMK durch Idealisierung, Abstrahieren, Theoriebildung und Transferierung Berücksichtigung.

Modellbildung geschieht in diesem Prozess gleichwohl nicht automatisch. Neben den Bedingungen für einen Konzeptwechsel, wie sie Posner et al. (1982) formulierten (Unzufriedenheit mit den bisherigen Konzepten, Verständlichkeit des neuen Konzepts, Überzeugung, Glaubwürdigkeit und Fruchtbarkeit des neuen Konzepts), müssen bestimmte Abläufe durchlaufen werden (Vorwissen aktivieren, Vorwissen nutzen, um den neuen Informationen einen Sinn zu geben, Vorwissen weiterentwickeln, das neue Wissen „erproben“, das neue und das alte Wissen vergleichen, das neue Wissen bewerten – vgl. Widodo 2004).

Da bei der Modellbildung von der konkreten Wahrnehmungsebene abstrahiert werden muss, fällt es Schüler/innen oftmals schwer, den Transfer von der konkreten Wahrnehmungsebene auf die abstrakte Meta-Ebene zu vollziehen. Hinzu kommt, dass in der Alltagssprache bei naturwissenschaftlichen Phänomenen vielfach Termini verwendet werden, die aus fachwissenschaftlicher Sicht falsch sind und deshalb den Aufbau korrekter naturwissenschaftlicher Konzepte z.T. erheblich erschweren, so etwa der Begriff „Stromverbrauch“.

Es stellt sich die Frage, ob und inwiefern Analogiemodelle dazu beitragen können, Modellierungsprozesse für den Aufbau angemessener naturwissenschaftlicher Konzepte zu unterstützen.

### **1.1 Beispiel elektrischer Strom**

Am Beispiel „elektrischer Strom“ (ein im Sachunterricht der Grundschule fest verankertes Thema) soll nachfolgend das Problem des Aufbaus eines angemessenen naturwissenschaftlichen Konzepts aufgezeigt werden. Die Lernschwierigkeiten, die sich in der Grundschule zeigen und sich häufig über die Sekundarstufe hinaus erstrecken, liegen vor allem in dem abstrakten Lerngegenstand begründet. Zudem sind Objekte des Mikrokosmos (z.B. Elektronen) nicht sichtbar, es gibt keine realen Anschauungsobjekte: Elektronen und Elektronenfluss bleiben – abgesehen von Wirkungen – unsichtbar. Zum Thema „Strom“ haben Schüler/innen im Alltag in der Regel bestimmte Vorstellungen aufgebaut, z.B. wie im Wohnzimmer der Strom zur Stehlampe kommt. Bei den meisten Schüler/innen der Primarstufe (aber nicht nur dort) ist beim Stromkreis eine „Einwegzuführungsvorstellung“ bzw. eine „Zweiwegzuführungsvorstellung“ feststellbar (vgl. Wiesner 1995): Bei der „Einwegverbrauchsvorstellung“ gehen die Kinder davon aus, dass nur ein Draht nötig ist, um ein Lämpchen mit Hilfe einer Batterie zum Leuchten zu bringen. Durch diesen Draht fließt der Strom zum Lämpchen und wird dort verbraucht. Dieses Konzept wird relativ leicht zugunsten der Zweiwegzuführung aufgegeben, wenn beim Erproben erkannt wird, dass das Lämpchen nur leuchtet, wenn zwei Drähte an der Batterie und am Lämpchen angeschlossen sind. Bei der „Zweiwegzuführungsvorstellung“ gehen die Schüler davon aus, dass ein Draht nicht ausreicht, um das Lämpchen zum Leuchten zu bringen und der zweite Draht ebenfalls ein Zuführungsdraht sein muss; erst durch den zweiten Draht könne die vom Lämpchen benötigte „Menge Strom“ geliefert werden. Hier existiert zum Teil auch noch die Vorstellung, dass ausgehend von Plus- und Minuspol durch die beiden Drähte unterschiedliche Stoffe zum Lämpchen fließen. Die Stoffe (ob nun einer oder zwei verschiedene)

werden im Lämpchen verbraucht (vgl. Kircher 1984, 1989, 1995, Stork/Wiesner 1981, Wiesner 1995).

Hintergrund dieser Zuführungstheorien scheint zu sein, dass Strom als etwas Substanzartiges aufgefasst wird, nicht als Prozess. Schüler/innen kennen das Problem, wenn „der Nachschub“ fehlt, und sie übertragen dies auf die Situation Lämpchen. Wenn die Substanz „Strom“ fehlt, kann eine angenommene „Verwandlung in Licht“ nicht stattfinden (vgl. Haider 2010).

## **2. Analogiebildung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht**

In der naturwissenschaftsdidaktischen Diskussion besteht Konsens darüber, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse nicht direkt aus der Wissenschaft übernommen werden können. Dies wird etwa beim Modell der Didaktischen Rekonstruktion deutlich (Kattmann/ Duit/ Gropengießer/ Komorek 1997, siehe auch Labudde/ Möller 2012). Dabei werden fachliche Konzepte den Schülervorstellungen gleichberechtigt gegenübergestellt – wobei die Gegenüberstellung die Struktur und den Ablauf der Unterrichtseinheit bestimmt. In dem Modell werden Ansätze der didaktischen Analyse von Klafki (1969) mit dem Strukturmomentenmodell von Heimann/ Otto/ Schulz (1965) verknüpft. Zentrale Merkmale der Strukturierung sind: die Verringerung der Komplexität, die Identifikation des Elementaren und die Sequenzierung des Unterrichts. Wesentliche Merkmale dieses didaktischen Ansatzes können auch beim Unterricht mit Analogiemodellen zum Thema „Strom“ eingesetzt werden – z.B. die Gegenüberstellung der Schülervorstellungen mit den fachlichen Konzepten, die Identifikation elementarer Konzepte (hier: strukturelle Analogien) sowie die Strukturierung des Unterrichts mit Hilfe eines systematischen Einsatzes der Analogiemodelle. Analogiemodelle können die Aufmerksamkeit auf strukturell relevante Aspekte des Lerngegenstandes fokussieren (vgl. Pea 2004).

Analogiebildung findet in sehr unterschiedlichen Bereichen statt. So spielt im Alltag die Analogiebildung eine wichtige Rolle, wenn z.B. Vergleiche hergestellt oder Analogieschlüsse gezogen werden. In der Fachwissenschaft werden Analogien zur Erkenntnisgewinnung genutzt. In der Didaktik hingegen sind sie Mittel zum Zweck – zur Vermittlung von Inhalten und zur Unterstützung von Erkenntnisprozessen. Analogien bieten bei unanschaulichen Inhalten (weil diese zu groß, zu klein, zu schnell, zu langsam etc. sind) eine Vorstellungshilfe. Sie können im Unterricht sowohl Medium, aber auch selbst

Lerngegenstand sein. Um tragfähige wissenschaftliche Konzepte aufzubauen oder bestehende Konzepte und Vorstellungen zu verändern, bekommen Analogien hauptsächlich als Medium eine „Brückenfunktion“ (Duit/ Glynn 1992, 1995) zugeschrieben: Schüler/innen greifen auf ihr Wissen in einem sekundären Bereich zurück, um im primären Lernbereich bzw. auf den primären Lernbereich Analogieschlüsse zu ziehen (vgl. u.a. Gentner 1988, Kircher 1995, Sreckelsen 1997, Duit/ Glynn 1995, Hesse 1991). Auch Vosniadou/ Ioannides/ Dimitrakopoulou/ Papademetriou (2001) bestätigen, dass mit Hilfe von Modellen Konzeptwechsel besser gelingen.

Eine Einteilung in verschiedene Arten von Analogien kann einen Hinweis auf den Einsatz von Analogiemodellen geben. Unterschieden werden kann zwischen Analogien erster und zweiter Art. Bei Analogien erster Art (Oberflächenanalogien) gleicht der sekundäre Lernbereich dem primären Lernobjekt in der äußeren Form. Bei Analogien zweiter Art repräsentiert die Struktur des sekundären Lernbereichs die Struktur des primären Lernbereichs (Kircher 1995). Lamsfuß (1994) betont, dass Oberflächenmerkmale wichtig seien, um Analogien überhaupt zu erkennen. Die Frage, inwiefern bestimmte Merkmale von Analogiemodellen als Übereinstimmung von Oberflächenmerkmalen wahrgenommen werden, ist allerdings alles andere als trivial. Daher bleibt zu prüfen, ob und in welcher Weise bereits von Grundschüler/innen bestimmte Merkmale wahrgenommen werden, aber auch, ob und wie (unterschiedliche) Analogien für den Lernprozess genutzt werden.

Analogien müssen bestimmten Voraussetzungen genügen, um in Lernprozessen unterstützend wirken zu können und sind nicht zwingend lernförderlich. Analogien sind immer ein Lernumweg, also „Krücken auf dem Lernweg“ sind (Kircher 1989, S. 48; Kircher 1995, S. 195).

Wichtig ist auch, die Grenzen der verwendeten Analogie zu thematisieren. So gilt es zu bedenken, dass in ungünstigen Fällen Lernprobleme gerade durch ihren Einsatz verursacht werden können. Vereinfachungen, die Analogiemodellen zugrunde liegen, können spätere Entwicklungsmöglichkeiten sogar einschränken oder gar verhindern.

Durch einen Wechsel zwischen Abstraktionsebenen und verschiedenen Modellen kann versucht werden, die Risiken und Grenzen einzelner Analogiemodelle zu minimieren.

Mögliche Analogiemodelle zum Stromkreis sind Wassermodelle und mechanische Modelle (vgl. Haider/ Keck/ Haider/ Fölling-Albers 2012, Keck/ Haider/ Haider/ Fölling-Albers im Druck). Beide Arten von Modellen enthalten sowohl Oberflächenmerkmale als auch strukturelle Merkmale. Die Oberflächenanalogien betreffen die „kreisförmige“ Anordnung sowie die Entspre-

chung der einzelnen Teile beim Stromkreis und bei den Analogiemodellen. Strukturelle Analogien betreffen die Aspekte des Fließens („elektrischer Strom“ – fließen von elektrischen Ladungen) sowie des Nicht-Verbraucht-Werdens.

### 3. Studie zur Nutzung von Analogien für den naturwissenschaftlichen Lernprozess am Beispiel elektrischer Strom

Um zu untersuchen, ob und inwiefern Analogiemodelle dazu beitragen können, die genannten falschen Konzepte zum elektrischen Stromkreis bei den Schüler/innen abzubauen und fachlich angemessene aufzubauen, wurde eine quasi-experimentelle Interventionsstudie durchgeführt.

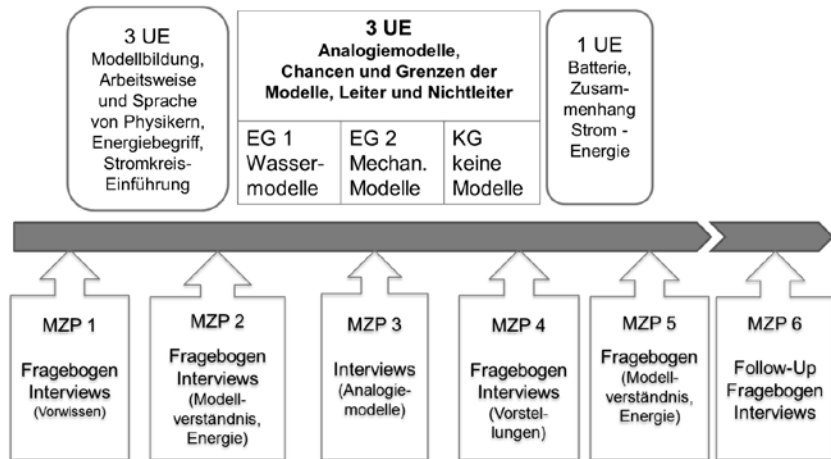


Abb. 1: Design der Studie

Es wurden an sechs Messzeitpunkten qualitative (Interviews) und quantitative Daten (Fragebögen) von Schüler/innen aus 16 Klassen der dritten Jahrgangsstufe erhoben, die den Lernprozess der Schüler bezüglich des Aufbaus eines richtigen Stromflusskonzeptes und des Abbaus einer Stromverbrauchsvorstellung abbilden sollen. Kontrolliert wurden dabei die Lehrperson (durch

den Einsatz einer Lehrperson in allen Klassen), das Modellverständnis der Schüler sowie das Energieverständnis.

Die Intervention wird an anderer Stelle (vgl. Keck/ Haider/ Haider/ Fölling-Albers im Druck) beschrieben.

Die Hauptfragestellung der quantitativen Erhebungen ist, zu untersuchen, ob es Unterschiede im Lernerfolg von Schüler/innen gibt, die auf den Einsatz verschiedener Modelle zurückzuführen sind. Hier werden insbesondere der Aufbau von korrekten Flussvorstellungen, der Abbau von Verbrauchsvorstellungen zugunsten von Energieumwandlungsvorstellungen sowie der Aufbau von Modellvorstellungen im Fokus der Untersuchung stehen. Dazu werden zwei Experimentalgruppen, die jeweils mit verschiedenen Analogiemodellen arbeiten, einer Kontrollgruppe ohne Einsatz von Analogiemodellen gegenüber gestellt. Eine Wartegruppe sichert den Einfluss von Zeit und Messinstrumenten ab. Subgruppenanalysen sollen Aufschluss darüber geben, für welche Schülergruppen mit welchen Interventionsteilen die größten Erfolge oder Misserfolge zu verzeichnen sind.

Die Untersuchung der Frage, wie die Schüler die Analogiemodelle nutzen, erfolgt an ausgewählten Schülergruppen mit qualitativen Verfahren. Hier sollen Vorstellungen der Schüler bei der Arbeit mit Analogien, wahrgenommene Form und Struktur der beiden Modelltypen sowie Schwierigkeiten und möglicherweise neu entstehende Fehlkonzepte erfasst werden. Die Daten sind noch nicht ausgewertet.

## Literatur

- Clement, J. (2008). The Role of Explanatory Models in Teaching for Conceptual Change. In: Vosniadou, St. (Ed.): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York, London, pp. 417-452.
- Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Duit, R.; Rhöneck, Chr. v. (Hrsg.): *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel, S. 145-162.
- Duit, R.; Glynn, S. (1992): Analogien und Metaphern. Brücken zum Verständnis im schülergerechten Physikunterricht. In: Häußler, P. (Hrsg.): *Physikunterricht und Menschenbildung*. Kiel, S. 223-250.
- Duit, R.; Glynn, S. (1995): Analogien – Brücken zum Verständnis. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 6, 27, S. 4-10.
- Gentner, D. (1988): Analogical inference and analogical access. In: Prieditis, A.: *Analoga*. Los Altos, pp. 63-88.
- Haider, M. (2010): *Der Stellenwert von Analogien für den Erwerb naturwissenschaftlicher Erkenntnisse*. Bad Heilbrunn.
- Haider M.; Keck, M.; Haider, Th.; Fölling-Albers, M. (2012): Die Rolle von Modellen für die Strukturierung naturwissenschaftlicher Lernprozesse. In: Hellmich, F. (Hrsg.): *Bedingungen des Lehrens und Lernens in der Grundschule*. Wiesbaden, S. 217-220.

- Heimann, P.; Otto, G.; Schulz, W. (1969): Unterricht, Analyse und Planung. Hannover.
- Hesse, F.W. (1991): Analoges Problemlösen: eine Analyse kognitiver Prozesse beim analogen Problemlösen. Weinheim.
- Jung, W. (1986): Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie*, 34, 4, S. 2-6.
- Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H.; Komoreck, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Reduktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: *Zeitschrift für Naturwissenschaften*, 3, 3, S. 3-18.
- Keck, M.; Haider M.; Haider, Th.; Fölling-Albers, M. (im Druck): Analogiegestützter Unterricht zum Thema elektrischer Strom. Erscheint im *GDSU-Journal*, 3, 2013.
- Kircher, E. (1984): Analogiemodelle für den elektrischen Stromkreis. In: *Der Physikunterricht*, 18, 2, S. 46-60.
- Kircher, E. (1989): Analogien im Physikunterricht. In: Schneider, W. (Hrsg.): *Wege in der Physikdidaktik*. Erlangen, S. 47-57.
- Kircher, E. (1995): Analogien im Sachunterricht der Primarstufe. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, 23, 5, S. 192-197.
- Klafki, W. (1969): Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In: Roth, H.; Blumental, A. (Hrsg.): *Auswahl, Didaktische Analyse. Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift Deutsche Schule*. Hannover, S. 5-34.
- KMK (2004): Bildungsstandards in Physik für den mittleren Schulabschluss (analog für Biologie und Chemie). Bonn.
- Labudde, P.; Möller, K. (2012): Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15, S. 11-36.
- Lamsfuß, S. (1994): Misskonzepte und Analogien. Kindliche Vorstellungen über das Zusammenwirken von Kräften. Heidelberg.
- Pea, R. (2004): The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education and human activity. In: *The journal of Learning Sciences*, 13, pp. 423-451.
- Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.; Gertzog, W.A. (1982): Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. In: *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- Spreckelsen, K. (1997): Wie Grundschulkindern physikalische Phänomene verstehen. In: *Grundschule*, 29, 10, S. 18-19.
- Storck, E.; Wiesner, H. (1981): Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht. In: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, 9, S. 218-230.
- Vosniadou, S.; Ioannides, C.; Dimitrakopoulou, A.; Papademetriou, E. (2001): Designing learning environments to promote conceptual change in science. In: *Learning and Instruction*, 11, pp. 381-419.
- Widodo, A. (2004): Constructivist oriented lessons. Frankfurt am Main.
- Wiesner, H. (1995): Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre. In: *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, 23, 2, S. 50-58.