

Elsner, Julia; Tenberge, Claudia; Fechner, Sabine

Analyse des Modellierprozesses von Grundschüler*innen zum Thema Löslichkeit

Egger, Christina [Hrsg.]; Neureiter, Herbert [Hrsg.]; Peschel, Markus [Hrsg.]; Goll, Thomas [Hrsg.]: In Alternativen denken. Kritik, Reflexion und Transformation im Sachunterricht. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 83-92. - (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts; 34)



Quellenangabe/ Reference:

Elsner, Julia; Tenberge, Claudia; Fechner, Sabine: Analyse des Modellierprozesses von Grundschüler*innen zum Thema Löslichkeit - In: Egger, Christina [Hrsg.]; Neureiter, Herbert [Hrsg.]; Peschel, Markus [Hrsg.]; Goll, Thomas [Hrsg.]: In Alternativen denken. Kritik, Reflexion und Transformation im Sachunterricht. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 83-92 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-289979 - DOI: 10.25656/01:28997; 10.35468/6077-08

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-289979>

<https://doi.org/10.25656/01:28997>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-Licence: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Julia Elsner, Claudia Tenberge und Sabine Fechner

Analyse des Modellierprozesses von Grundschüler*innen zum Thema Löslichkeit

Learning scientific concepts and methods is part of scientific literacy (Bybee 2002) and can be supported by modeling-based learning. Modeling-based learning involves creating, using, revising and reflecting about models (Constantinou et al. 2019). At primary level, it has been shown that primary school students can express their mental models about phenomena, such as the water cycle, but need support (Forbes et al. 2019). Whether the results can be transferred to chemistry-related phenomena requires empirical investigation. Therefore, it will be investigated to what extent a) the modeling process can be supported by analogical reasoning between multiple phenomena and b) whether chemical concepts on the topic of solubility can be learned. To answer these research questions, a pre-post study in a comparison group design was conducted with 63 fourth graders. The focus is on a learning setting with multiple phenomena on the topic of solubility. The intervention group is explicitly supported by analogical reasoning between the phenomena. Concept acquisition is assessed with the help of pre-post interviews, which are videotaped and analyzed in a video analysis. The results show that primary school students can express their mental models in a model and partly revise it. In some cases, the models are reflected and limitations are recognized. These results are presented and discussed in this paper.

1 Einleitung

Im Sinne eines Spiralcurriculums zeigt sich der Erwerb einer *Scientific Literacy* als ein zentrales Ziel für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht (Steffensky 2015). In Anlehnung an Bybee (2002) ist das Konzept einer *Scientific Literacy* nicht nur als das Lernen deklarativen Wissens, sondern vielmehr als eine allumfassende naturwissenschaftliche Grundbildung zu verstehen, die den Erwerb konzeptuellen Wissens und das Erlernen naturwissenschaftlicher Methoden umfasst. Zudem sollen die Lernenden befähigt werden, über die Beschaffenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu reflektieren, das Verständnis der Naturwissenschaft als Forschungsdisziplin zu verstehen und dies im Kontext aktueller gesellschaftlicher Problemlagen betrachten zu können (Bybee 2002).

Eine Möglichkeit, *Scientific Literacy* in der Grundschule anzubahnen, bietet das Modellieren. Das Modellieren umfasst nach Constantinou, Nicolaou und Papaevripidou (2019) die Erstellung eines Modells, die Anwendung des Modells zur Erklärung von Phänomenen, das Vergleichen von Modellen sowie die Überarbeitung und Validierung. Insbesondere das Erstellen von Modellen und die Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene mithilfe (selbsterstellter) Modelle zeigt sich auch für den Primarbereich als wesentlich und ist international zum Beispiel in den Standards des National Research Council (2012) verankert.

Inwiefern das Modellieren als Methode der Erkenntnisgewinnung national im Primarbereich umsetzbar ist und welchen Beitrag das Modellieren zur Erreichung einer *Scientific Literacy* leisten kann, wird in dem folgenden Beitrag sowohl theoretisch als auch empirisch betrachtet und diskutiert.

2 Theoretischer Hintergrund

In den Naturwissenschaften werden Modelle auf vielfältige Weise genutzt, wobei je nach Fachdisziplin der Nutzen und das Verständnis von Modellen variiert (Coll & Lajium 2011; Upmeier zu Belzen, van Driel & Krüger 2019). Um ein wissenschaftliches Modell verstehen zu können, gilt es, das Wesen eines Modells und den Zweck des Modells zu kennen sowie im Kontext der Bezugsdisziplin, Entstehung und theoretischen Grundlage interpretieren und reflektieren zu können. Diese Kompetenzen spiegeln sich u. a. im Kompetenzmodell nach Upmeier zu Belzen et al. (2019) wider. Neben den genannten Aspekten ist es nicht nur relevant, Modelle interpretieren zu können, sondern auch Modelle zur Erkenntnisgewinnung nutzen und (selbsterstellte) Modelle bei neuen Erkenntnissen überarbeiten zu können (Upmeier zu Belzen & Krüger 2010; Upmeier zu Belzen et al. 2019). Constantinou et al. (2019) erarbeiten ebenfalls ein Kompetenzmodell, welches an den Kompetenzbegriff nach Weinert (2001) angelehnt ist. Folglich umfasst Modellierkompetenz sowohl das praktische Handeln als auch das metakognitive Wissen über Modelle und den Modellierprozess. Im Vergleich zu Upmeier zu Belzen et al. (2019) zeigt sich, dass v. a. das Wesen und der Zweck von Modellen der metakognitiven Ebene des Modellierprozesses nach Constantinou et al. (2019) zuzuordnen ist. Das Anwenden von Modellen zur Erkenntnisgewinnung und Ändern von Modellen beschreibt die praktische Komponente und lässt sich analog bei Constantinou et al. (2019) wiederfinden. In Abgrenzung zu Upmeier zu Belzen et al. (2019) wird allerdings das praktische Handeln der Modellierkompetenz differenzierter betrachtet, wobei insbesondere die aktive Auseinandersetzung des Lernenden im Modellierprozess im Vordergrund steht. Hiernach gilt es, Modelle anhand von (Beobachtungs-)Daten selbst zu erstellen, diese zu überarbeiten, zur Erklärung eines Phänomens zu nutzen, die gebildeten Modelle miteinander zu vergleichen und auf weitere Phänomene anzuwenden sowie dies zu evaluieren und

Limitationen zu erkennen (Constantinou et al. 2019; Nicolaou & Constantinou 2014).

Wenngleich die hier dargestellte Modellierkompetenz nach Constantinou et al. (2019) deutlich ausdifferenziert erscheint, zeigt sich eine Problematik bei der Erstellung von Modellen zu chemiebezogenen Phänomenen, wie z. B. bei dem Lösen eines Feststoffes in Wasser: Das Sammeln von (Beobachtungs-)Daten ist nur in geringem Maße möglich, da der (Löse-)Prozess auf submikroskopischer Ebene stattfindet. Demzufolge gilt es, bei der Erstellung von Modellen auch die mentalen Modelle der Lernenden miteinzubeziehen, welches u. a. im *Model of Modelling* nach Gilbert und Justi (2016) aufgeführt wird. Die Autoren greifen neben den bereits genannten Facetten der Modellierkompetenz das mentale Modell als Ausgangspunkt für das Modellieren auf. In Abgrenzung zu Constantinou et al. (2019) bezieht sich die Erstellung des Modells zum einen auf den kognitiven Prozess – das Bilden des mentalen Modells –, zum anderen auf den repräsentativen Ausdruck des mentalen Modells (Gilbert & Justi 2016).

Das mentale Modell ist in diesem Kontext und in Anlehnung an Vosniadou (2002) sowie Nitz und Fechner (2018) als kognitive Repräsentation eines Phänomens zu verstehen, welche anhand von Vorerfahrungen gebildet wird und beispielsweise durch das Modellieren weiterentwickelt werden kann. Zudem werden mentale Modelle auch genutzt, um Phänomene zu erklären oder Analogien zu bilden (Greca & Moreira 2000; Nitz & Fechner 2018).

Auch im Modellierprozess nach Gilbert und Justi (2016) zeigt sich die Analogiebildung als bedeutsam und findet als kognitiver Prozess in jeder Phase des Modellierens statt. So können Analogien zwischen Phänomen und Modell gebildet werden, um z. B. Aspekte des Phänomens im Modell abzubilden. Zudem kann auch die Relation zwischen dem erstellten Modell und neuen Kontexten analysiert und damit Vergleiche hergestellt werden (Gilbert & Justi 2016).

Im Kontext der Modellbildung zeichnet sich v. a. das Verständnis von Analogien als Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Modell und Phänomen als bedeutsam ab (Driel & Verloop 1999; Kircher 2015). Zudem werden Analogien beim Vergleichen mehrerer Modelle gebildet, wie es Constantinou et al. (2019) im Modellierprozess vorsehen. Ferner ist aber auch eine Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen möglich (Gentner 1983; Holyoak & Koh 1987; Spreckelsen 1995). Holyoak und Koh (1987) unterscheiden in diesem Zusammenhang zwischen oberflächenbezogenen und tiefenstrukturellen Analogien. Oberflächenbezogene Analogien beziehen sich auf Vergleiche hinsichtlich oberflächlicher Merkmale, wie Farben oder Formen. Tiefenstrukturelle Analogien sind hingegen Ähnlichkeitsmerkmale, die auf das zugrundeliegende Konzept referieren (Holyoak & Koh 1987). Ein zugrundeliegendes Konzept könnte z. B. das Hebelgesetz sein, wie es in der Studie von Lohrmann, Hartinger, Schwelle & Hartig (2014) verwendet wird. Analog zu Holyoak und Koh (1987) definiert Spreckelsen (1995) ober-

flächenbezogene Analogien als phänotypisch und tiefenstrukturelle Analogien als genotypisch. Insbesondere die tiefenstrukturelle, genotypische Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen, z. B. in Form von Experimenten, erscheint für den Erwerb konzeptuellen Wissens im Sinne einer *Scientific Literacy* von Bedeutung zu sein, welches durch nationale Studien im Primar- sowie Sekundarbereich bestätigt werden konnte (Kehne 2019; Lohrmann et al. 2014). Lohrmann et al. (2014) zeigen sonach in ihrer Studie auf, dass durch das Arbeiten mit mehreren, oberflächenbezogen unähnlichen Phänomenen Schüler*innen einen höheren Lernzuwachs (bezogen auf das Hebelgesetz) aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, „dass es durch unähnliche Beispiele den Kindern offenbar etwas besser gelingt, die Tiefenstruktur [...] zu erkennen und Gesetzmäßigkeiten zu durchdringen“ (Lohrmann et al. 2014, 69). Welchen Einfluss die tiefenstrukturelle Analogiebildung auf den Modellierprozess hat, bleibt derzeit ungeklärt.

3 Studienlage

Empirisch konnte bestätigt werden, dass beispielsweise das Modellieren des Wasserkreislaufes in der Grundschule in Teilen als möglich erscheint (Forbes, Lange-Schubert, Böschl & Vo 2019; Forbes, Schwarz & Zangori 2014; Lange, Forbes, Helm & Hartinger 2014). Ein tieferer Blick in die Befunde zeigt allerdings, dass die erstellten Modelle der Schüler*innen eher unvollständig sind und daher nur in geringem Maße für die Erklärung eines Phänomens ausreichen (Forbes et al. 2014). Ferner wird deutlich, dass eine starke Varianz in der Qualität der Schüler*innenerklärungen vorliegt. Demzufolge nutzen einige Schüler*innen das Modell lediglich, um auf einzelne Elemente des Prozesses zu verweisen. Hingegen können andere Schüler*innen wesentliche Zusammenhänge des Phänomens anhand des Modells beschreiben (Forbes et al. 2019). Wird dieses Level erreicht, liegt eine Anwendung des Modells zur Erklärung eines Phänomens vor, wie es u. a. in den Kompetenzstandards des NRC (2012) aufgeführt ist. Um dies fortwährend erreichen zu können, scheinen Unterstützungsmaßnahmen für den Modellierprozess von Grundschüler*innen als unabdingbar zu sein (Forbes et al. 2019; Forbes et al. 2014).

4 Studie

Wie vorab dargestellt, ist Ziel der Studie, den Modellierprozess von Grundschüler*innen durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen zu fördern, um im Sinne einer *Scientific Literacy* mithilfe selbsterstellter Modelle Phänomene erklären und neue Erkenntnisse gewinnen zu können. Insbesondere die Förderung des konzeptuellen Wissenserwerbs im Kontext des Modellierens könnte hierfür hilfreich sein, wie es beispielsweise durch die tiefenstrukturelle Analogiebildung

zwischen multiplen Phänomenen ermöglicht wird. Folglich ist zu vermuten, dass das Bilden von tiefenstrukturellen Analogien förderlich für die Ausbildung des mentalen Modells ist und demnach der Modellierprozess in dieser Phase unterstützt wird. Es stellen sich die Fragen, inwieweit a) wissenschaftliche Konzepte zum Thema Löslichkeit mithilfe des Modellierens angebahnt werden können und, ob b) der Modellierprozess von Schüler*innen im chemiebezogenen Sachunterricht durch die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen unterstützt werden kann. Diese Fragen gilt es, empirisch zu überprüfen.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde im Sommer 2022 eine Prä-Post-Studie im Vergleichsgruppendesign durchgeführt. An der Studie nahmen 63 Grundschüler*innen der Jahrgangsstufe 4 einer städtischen Grundschule im Alter von 9-12 Jahren ($M=9,9$; $SD=0,65$) teil. Die Stichprobe umfasste 36 Jungen und 27 Mädchen mit heterogenen kognitiven Fähigkeiten. 34 Schüler*innen lernten Deutsch als Zweitsprache und 4 Schüler*innen wiesen einen sonderpädagogischen Förderschwerpunkt auf.

Kern der Studie bildet die Intervention, die sowohl von der Interventions- als auch von der Kontrollgruppe durchlaufen wird. Die Intervention besteht aus einer Einführungsstunde und einer Experimentierphase. In der Einführungsstunde werden die Schüler*innen mit dem Lösen von Salz in Wasser konfrontiert. Im Klassenkontext wird erarbeitet, wie die Beobachtungen zu erklären sind und wie Salz nach dem Lösen zurückgewonnen werden kann. Im Anschluss an die Einführungsstunde folgt die Experimentierphase. In dieser werden von den Schüler*innen oberflächenbezogen unähnliche Phänomene mit tiefenstrukturellen Analogien in Partnerarbeit erarbeitet. Die tiefenstrukturellen Analogien beziehen sich dabei auf die jeweiligen Stoffeigenschaften – hier die Wasserlöslichkeit von Salz und Traubenzucker bzw. die Fettlöslichkeit von beta-Carotin und Kokosfett. Tiefenstrukturell ähnlich sind demzufolge die Stoffe Salz und Traubenzucker bzw. beta-Carotin und Kokosfett. Bei Salz und Traubenzucker handelt es sich um hydrophile Stoffe. Demnach lösen sich beide Stoffe gut in Wasser. Beta-Carotin und Kokosfett sind lipophile Stoffe. Diese Stoffe weisen eine gute Löslichkeit in Öl auf. Zudem gilt es, zu jedem Phänomen eine Zeichnung zu erstellen, diese dem*der Partner*in zu erklären und die erstellten Modelle miteinander zu vergleichen.

Zusätzlich zu den geschilderten Aufgaben erhält die Interventionsgruppe explizit Unterstützung zur Analogiebildung zwischen den Phänomenen. Hierfür werden weitere Aufgaben von der Interventionsgruppe bearbeitet, die das explizite Vergleichen mehrerer Experimente miteinander erfordern. Durch diesen expliziten Vergleich soll die tiefenstrukturelle Analogiebildung angeregt werden, wie es u. a. von Lohrmann et al. (2014) dargestellt wird.

Vor Beginn der Studie wird zur Erfassung der kognitiven Fähigkeiten der KFT 4+R von Heller und Perleth (2000) durchgeführt. Anhand der ermittelten kognitiven Fähigkeiten werden die Proband*innen mittels *matched pairs* in Anlehnung an

Denscombe (2014) in vergleichbare Gruppen (Interventions- und Kontrollgruppe) eingeteilt. Zur Erhebung des Kompetenzerwerbs werden Prä-Post-Interviews durchgeführt. Im Prä-Interview werden die Proband*innen vor der Intervention bereits mit dem Phänomen Löslichkeit von Salz in Wasser konfrontiert und aufgefordert, ihre mentalen Modelle verbal sowie in einer Zeichnung auszudrücken. Des Weiteren sollen die Schüler*innen die Zeichnungen zur Erklärung des Phänomens nutzen. Nach der Intervention werden Post-Interviews durchgeführt. Hierbei werden die Schüler*innen erneut aufgefordert, das Phänomen Löslichkeit von Salz in Wasser zeichnerisch darzustellen und dies mithilfe der Zeichnung zu erklären. Ferner werden die Proband*innen mit einem weiteren Phänomen – der Löslichkeit von Salz in einem Öl-Wasser-Gemisch – im Sinne einer Transferaufgabe konfrontiert. Auch hierzu gilt es, das Phänomen in einer Zeichnung darzustellen und mithilfe der Zeichnung zu erklären. Sowohl die Intervention als auch die Prä-Post-Interviews werden videografiert. Zudem liegen für die Datenauswertung die Zeichnungen und Forschertagebücher vor.

Die Zeichnungen werden anhand der Videos event-basiert in Anlehnung an die Empfehlungen von Seidel, Kobarg & Rimmel (2005) analysiert. Grundlage für die Videoanalyse bildet das nach Mayring (2010) deduktiv erstellte Kategoriensystem, wie es überblicksartig in Tabelle 1 dargestellt ist:

Tab. 1: Überblick über das Kategoriensystem zur Videoanalyse

Kategorie	Subkategorien	Definition
Verbaler Ausdruck des mentalen Modells <i>angelehnt an Grüß-Niehaus und Schanze (2011)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedingungen für den Löseprozess (<i>Rühren...</i>) ▪ Löseprozess (<i>Schmelzen, Verschwinden...</i>) ▪ Das Wesen von Lösungen und Stoffen (<i>Veränderung der Größe, Menge...</i>) 	Aussagen der Proband*innen, die auf das mentale Modell schließen lassen
Darstellungen im Modell	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Darstellung von Stoffen ▪ Darstellung von Prozessen und Objekten 	Darstellungen in der Zeichnung
Anwendung des Modells zur Erklärung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dargestellte Elemente werden in die Erklärung einbezogen (<i>z. B. durch Zeigen auf die jeweilige Darstellung</i>) 	Passagen, in denen das Modell zur Erklärung des Phänomens genutzt wird
Evaluation des Modells	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zufrieden / Nicht zufrieden ▪ Erkennen von Limitationen 	Bewertung des Modells
Überarbeitung des Modells	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modell wird überarbeitet ▪ Modell wird nicht überarbeitet 	Überarbeitung des Modells v. a. im Post-Interview

Die in Tabelle 1 aufgeführten Kategorien lassen sich anhand der dargelegten Theorie bilden: Der Modellierprozess nach Constantinou et al. (2019) umfasst die Phasen *Erstellen und Überarbeiten des Modells*, *Anwendung des Modells zur Erklärung des Phänomens*, *Vergleichen von Modellen* und *Evaluieren*. In Ergänzung ist nach Gilbert und Justi (2016) zusätzlich das *Bilden eines mentalen Modells* aufzuführen. Die Phasen *Bilden des mentalen Modells* und *Erstellung eines Modells* spiegeln sich im Kategoriensystems im *verbalen Ausdruck des mentalen Modells* und in der Kategorie *Darstellungen im Modell* wider. Die *Anwendung des Modells zur Erklärung*, die *Evaluation* und *Überarbeitung des Modells* sind analog bei Constantinou et al. (2019) bzw. Gilbert und Justi (2016) zu finden und werden als Kategorien übernommen.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass im Prä-Interview primär die Vorstellung des Verschwindens genannt wird: „Jetzt ist da kein Salz mehr drinnen. [...] Das hat sich aufgelöst“ (JOH-55, PRÄ, Pos. 33). Solche oder ähnliche Äußerungen lassen darauf schließen, dass das Salz verschwunden und daher nicht mehr vorhanden sei. Wie dieser Prozess vollzogen wird, bleibt meist unklar. Neben dem Verschwinden zeigen sich auch andere Vorstellungen, wie zum Beispiel die Veränderung der Größe oder das Schmelzen. Auch die Übertragung von Farbe und Geschmack ist eine typische Schülervorstellung: „Weil der Geschmack aus dem Salz ja rausgeht und das dann ins Wasser kommt“ (JOH-59, PRÄ, Pos. 12).

In den Post-Interviews zeigen sich die mentalen Modelle zwar meist als sehr resistent, allerdings lassen sich auch graduelle Unterschiede erkennen. So geben einige Schüler*innen weiterhin an, dass sich das Salz auflösen würde und dadurch optisch nicht mehr sichtbar erscheint, wenngleich das Salz noch in dem Wasser sei. Manche Schüler*innen betrachten im Post-Interview den Löseprozess ausdifferenzierter im Sinne eines Überganges in das Lösemittel: „[D]as Salz [wird] immer weniger und steigt also nach oben. Aber das kann man so nicht sehen. Und das verschließt sich mit dem Wasser. [...] [D]as gehört irgendwie zu dem Wasser dazu“ (JOH-09, POST, Pos. 63).

Hinsichtlich der Erklärung des Phänomens zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Analog zu den Erkenntnissen von Forbes et al. (2019) unterscheidet sich v. a. die Qualität der Erklärung. So nehmen einige Schüler*innen keinen Bezug zur Zeichnung und zeigen vereinzelt auf das Phänomen. Andere Proband*innen deuten lediglich auf einzelne Aspekte, zum Beispiel auf die Position des Salzes in der Zeichnung, und beziehen keine weiteren Aspekte der Darstellungen mit in die Erklärung ein. Vereinzelt Schüler*innen können hingegen bereits den Löseprozess detailliert mithilfe der Zeichnung erklären: „Und dann, wenn man sich das genauer ansieht, ist da dieses eine Salzkorn [*zeigt auf die Detailansicht des Salzkornes in*

der Zeichnung]. Das Wasser kommt da rein [zeigt auf kleinere Linien in der Zeichnung], zieht diese Stoffe [zeigt auf kleinere Punkte innerhalb des Salzkornes], aus denen das Salz besteht, daraus. Und dann ist es nur eine leere Hülle, die verblasst“ (JOH-17, POST, Pos. 22).

Die hier aufgeführten Ergebnisse bezüglich der Anwendung des Modells zur Erklärung des Phänomens lassen sich teilweise auf Lücken in der Modelldarstellung zurückführen, wie es u. a. Forbes et al. (2014) als Problemstelle aufzeigen. Obwohl einige Schüler*innen diese Limitationen nicht erkennen können, zeigen manche Proband*innen auf, dass die Darstellungen im Modell nicht für die Erklärung des Phänomens ausreichen, da die Vorstellung nicht abgebildet werden kann: „Also, ich weiß, was mit dem Salz passiert im Wasser, aber ich kann das irgendwie nicht malen“ (JOH-14, POST, Pos. 9).

6 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen auf, dass das Modellieren zum Thema Löslichkeit teilweise im Primarbereich möglich ist. So werden bei einigen Schüler*innen graduelle Unterschiede des mentalen Modells im Prä-Post-Vergleich erkennbar. Ferner können einige Proband*innen die Zeichnungen zur Erklärung des Phänomens anwenden. Wengleich hier keine wissenschaftlichen Konzepte im Sinne einer *Scientific Literacy* erworben wurden, können die Schüler*innen die Methode des Modellierens kennenlernen und zum Teil Limitationen des Modells erkennen. Für den Erwerb einer umfassenderen Modellierkompetenz sollten insbesondere auch der Zweck und Nutzen von Modellen explizit im Sachunterricht erarbeitet werden, wie es z. B. Lange-Schubert, Böschl und Hartinger (2017) im Rahmen des Unterrichtseinstiegs zum Modellieren im Sachunterricht vorschlagen. Dies könnte einen Anlass für weitere Studien zum Modellieren im chemiebezogenen Sachunterricht bieten.

Literatur

- Bybee, R. W. (2002): Scientific Literacy - Mythos oder Realität. In: Gräber, W., Nentwig, P. M., Koballa, T. & Evan, R. (Hrsg.): Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen, S. 21-43.
- Coll, R. K. & Lajium, D. (2011): Modeling and the future of science learning. In: Khine, M. S. & Saleh, I. M. (Hrsg.): Models and Modeling in Science Education. Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry. Bd. 6. Dordrecht, S. 3-21.
- Constantinou, C. P., Nicolaou, C. T. & Papaevripidou, M. (2019): A framework for modeling-based learning, teaching, and assessment. In: Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D. & van Driel, J. (Hrsg.): Models and Modeling in Science Education. Volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education. Cham, S. 39-58.
- Denscombe, M. (2014): The good research guide. New York.

- Driel, J. H. van & Verloop, N. (1999): Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, No. 11, 1141-1153.
- Forbes, C. T., Lange-Schubert, K., Böschl, F. & Vo, T. (2019): Supporting primary students' developing modeling competence for water systems. In: Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D. & van Driel, J. (Hrsg.): *Models and Modeling in Science Education. Volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education.* Cham, S. 257-273.
- Forbes, C. T., Schwarz, C. V. & Zangori, L. (2014): Development of an empirically-based learning performances framework for 3rd grade students' model-based explanations about hydrologic cycling. In: Polman, J. L. et al. (Hrsg.): *Learning and become in practice: The international conference of the learning sciences. Volume 1.* Boulder, Colorado, S. 46-53.
- Gentner, D. (1983): Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, 7, No. 2, 155-170.
- Gilbert, J. K. & Justi, R. S. (2016): *Modelling-based teaching in science education.* Bd. 9. Cham.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000): Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, No. 1, 1-11.
- Grüß-Niehaus, T. & Schanze, S. (2011): Eine kategoriegestützte Übersicht von Lernervorstellungen zum Löslichkeitsbegriff. *CHEMKON Chemie konkret Forum für Unterricht und Didaktik*, 18, Nr. 1, 19-26.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000): *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen.* Göttingen.
- Holyoak, K. J. & Koh, K. (1987): Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, No. 4, 332-440.
- Kehe, F. (2019): *Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen.* Berlin.
- Kircher, E. (2015): Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In: Kircher, E., Girwitz, R. & Häußler, P. (Hrsg.): *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis.* 3. Aufl. Berlin, S. 784-807.
- Lange, K., Forbes, C., Helm, K. & Hartinger, A. (2014): Forschen heißt auch modellieren! Wie kann Modellieren im Sachunterricht gefördert werden? *Grundschulunterricht Sachunterricht(4)*, 17-22.
- Lange-Schubert, K., Böschl, F. & Hartinger, A. (2017): Naturwissenschaftliche Methoden aneignen und anwenden – Untersuchungen durchführen und wissenschaftliche Modelle nutzen am Beispiel Aggregatzustände und ihre Übergänge. In: Giest, H. (Hrsg.): *Die naturwissenschaftliche Perspektive konkret. Begleitband 4 zum Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn, S. 25-38.
- Lohrmann, K., Hartinger, A., Schwelle, V. & Hartig, J. (2014): Die Bedeutung der (Un-) Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau von konzeptuellem Wissen. In: *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 7, Nr. 2, 60-73.
- Mayring, P. (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken.* 11. Aufl. Weinheim und Basel.
- National Research Council. (2012): *A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas.* Washington, D.C.
- Nicolaou, C. T. & Constantinou, C. P. (2014): Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73.
- Nitz, S. & Fechner, S. (2018): Mentale Modelle. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.): *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung.* Bd. 10. Berlin, Heidelberg, S. 69-86.
- Seidel, T., Kobarg, M. & Rimmele, R. (2005): Video data processing procedures. In: Seidel, T., Prenzel, M. & Kobarg, M. (Hrsg.): *How to run a video study: Technical report of the IPN video study.* Münster, S. 54-69.
- Spreckelsen, K. (1995): Verstehen in Phänomenkreisen: Über das Wiederentdecken des Ähnlichen. In: Möller, K., Köhnlein, W., Soostmeyer, M., Spreckelsen, K. & Wiesenfahrt, G. (Hrsg.): *Handeln und Denken im Sachunterricht.* Bd. 1. Münster, S. 23-34.
- Steffensky, M. (2015): Chemische Aspekte. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Müller, S. & Wittkowske, S. (Hrsg.): *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts.* 2. Aufl. Bad Heilbrunn, S. 128-132.

- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 41-57.
- Upmeyer zu Belzen, A., van Driel, J. & Krüger, D. (2019): Introducing a framework for modeling competence In: Upmeyer zu Belzen, A., Krüger, D. & van Driel, J. (Hrsg.): Models and Modeling in Science Education. Volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education. Cham, S. 3-19.
- Vosniadou, S. (2002): Mental models in conceptual development. In: Magnani, L. & Nersessian, N. J. (Hrsg.): Model-based reasoning: Science, Technology, Values. Boston, MA, S. 353-368.
- Weinert, F. E. (2001): Concept of competence: A conceptual clarification. In: Rychen, D. S. & Salganik, L. H. (Hrsg.): Defining and selecting key competencies. Göttingen, S. 45-66.

Autorinnenangaben

Julia Elsner

<https://orcid.org/0009-0001-1665-6165>

Universität Paderborn

julia.elsner@uni-paderborn.de

Prof. Dr. Claudia Tenberge

Sachunterrichtsdidaktik mit sonderpädagogischer Förderung

Universität Paderborn

claudia.tenberge@uni-paderborn.de

Prof. Dr. Sabine Fechner

<https://orcid.org/0000-0001-5645-5870>

Chemiedidaktik

Universität Paderborn

sabine.fechner@upb.de