

Der Modelleinsatz beim Schülerexperiment – Eine Prozessanalyse

Problemstellung

Fachliche Deutungen zu Phänomenen aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht weisen häufig eine so hohe Komplexität auf, dass sie für Schülerinnen und Schüler (SuS) schwer zu erfassen sind (Merzyn, 2008). Probleme entstehen vor allem dann, wenn die Deutung nicht mehr auf der Stoffebene, sondern auf der Teilchenebene erfolgt (Fischler & Lichtfeld, 1997). So sind Vorgänge auf der Teilchenebene weder mit den bloßen Sinnesorganen noch über die Beobachtung mithilfe technischer Unterstützung erfahrbar. Daraus ergeben sich eine Abstraktheit und Komplexität, die sich herkömmlichen, kausalen Erklärungsansätzen entziehen. Modelle und ihre kohärenten Vorstellungen bilden ein Konstrukt, welches eben hierfür Erklärungsansätze zu liefern versucht. Studien haben gezeigt, dass der gedankliche Übergang von der makroskopischen Ebene hin zu den Modellvorstellungen über das submikroskopische Diskontinuum für Lernende schwer nachzuvollziehen ist (Özmen, 2011a; Kirman Bilgin, Demircioğlu Yürükel & Yiğit, 2017). Zudem wurde festgestellt, dass Lernende jeden Alters, sogar Studierende der Chemie, über diverse alternative Vorstellungen zum Teilchenmodell verfügen (Andersson, 1990; Aydeniz & Kotowski, 2012; Yan & Talanquer, 2015; Kirman Bilgin et al., 2017). Auch wenn diese Probleme schon lange bekannt sind, wurden sie bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst und werden noch weiterhin in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung behandelt (Bittorf, Hallier, Busch & Sieve, 2017; Sieve, Graulich, Caspari & Bittorf, 2017; Thomas, Struckmeier & Sieve, 2017). Dabei sind submikroskopische Teilchenvorstellungen für ein Verständnis der Theorien und Prinzipien des naturwissenschaftlichen Unterrichts grundlegend. Eine Ursache für die vorherrschenden Schwierigkeiten liegt in der Natur der Denkweisen des Chemieunterrichts (Christen, 1990). Die Eigenschaften eines Stoffs werden dadurch erklärt, dass dieser aus bestimmten Teilchen aufgebaut ist. Diesen Teilchen und ihren Verbänden werden wiederum eigene, spezielle Merkmale zugeschrieben. Die Charakteristika der Stoffe ergeben sich also grundsätzlich aus den Eigenschaften der Teilchenkollektive, die den Stoff in der jeweiligen Form ausmachen. Dadurch stellt die Betrachtungsweise der Phänomene eine durchweg wechselseitige Beziehung von Stoff- und Teilchenebene dar. Diese duale Art der Betrachtung ist für Denkweisen in der Chemie kennzeichnend (ebd.).

Gegenwärtiger Forschungsstand zum Modelleinsatz

Im Schulalltag erfolgt die Teilchenvisualisierung in der Regel durch Abbildungen bzw. Bildfolgen oder haptische Modelle, wie zum Beispiel Gittermodelle (Ostermann, Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ropohl & Schwanewedel, 2019). Besonders der Einsatz haptischer Modelle bezieht sich dabei fast ausschließlich auf statische Zustände. Bislang sind in der Literatur nur wenige haptische Modelle zu chemischen Prozessen beschrieben. Zur Veranschaulichung von Prozessen sind Abbildungen aus Schulbüchern das gängige Medium (ebd.). Illustrationen von Teilchenvorstellungen haben sich als lernwirksam in Bezug auf die Generierung mentaler Modelle zum Teilchencharakter der Materie herausgestellt (z.B. Sanger, 2000). Jedoch erweisen sich deskriptive Illustrationen weder im Hinblick auf emotionales noch auf kognitives Interesse als vorteilhaft gegenüber dem Arbeiten mit erklärenden Texten (Harp & Mayer, 1997). Digitale Lernanimationen zeigen im direkten Vergleich zu statischen Abbildungen eine höhere Lernwirksamkeit (z.B. Höffler & Leutner, 2007). Eine moderne Form der Darbietung von Animationen stellt Augmented Reality (AR)

dar. Die virtuellen Objekte zeigen Informationen an, die der Benutzer nicht mit seinen eigenen Sinnen erfassen kann (Azuma, 1997). Augmented Reality verbessert die Wahrnehmung und Interaktion der Benutzer mit der realen Welt (ebd.). Diese beiden Charakteristika prädestinieren AR dazu, das Teilchenmodell für SuS erfahrbar zu machen. Auch konnte in diversen Studien gezeigt werden, dass Augmented Reality SuS zum Lernen anregt und motiviert (Núñez, Quirós, Núñez, Carda & Camahort, 2008; Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009; Chiang, Yang & Hwang 2014). Dadurch ist zu erwarten, dass besonders bei der schwer zugänglichen Thematik der submikroskopischen Teilchenwelt den SuS das Lernen erleichtert wird und somit die Motivation der Lernenden vergleichsweise hoch ausfällt. Zusätzliche Effekte auf weitere Aspekte des Lernens wie situationales Interesse beim Arbeiten mit dem Teilchenmodell können folglich auch erwartet werden. Darüber hinaus konnten bereits Vorteile von animationsgestütztem Unterricht im Vergleich zu lehrerzentriertem, traditionellem Unterricht festgestellt werden (Özmen, 2011b). Diese betreffen vornehmlich Verbesserungen in den Bereichen Fachwissen sowie Vorstellungsänderungen zum Thema Modelle in der Chemie. Aufgrund der bisher gezeigten Vorteile birgt AR großes Potential für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Cheng & Tsai, 2013). Die Lernwirksamkeit von unterschiedlichen Modelltypen in Bezug auf räumliches Vorstellungsvermögen und Fachwissen in chemischen Kontexten wurde bereits ausführlich untersucht (z.B. Núñez et al., 2008; Abraham, Varghese & Tang, 2010; Behmke et al., 2018). Bislang beschränkt sich die Forschung auf diesen Gebieten auf statische Zustände, wie z. B. Gitterstrukturen. Die Effekte unterschiedlicher Präsentationsformen von chemischen Prozessen und Zustandsänderungen auf die Lernwirksamkeit sind bisher noch wenig erforscht. Insbesondere der Vergleich von haptischen Modellen bzw. Abbildungen mit AR-Modellen in Bezug auf ihre Lernwirksamkeit stellt hierbei ein neues Untersuchungsgebiet dar.

Bestimmung der Modellqualität

Um die Wirkung von verschiedenen Modelltypen miteinander vergleichen zu können, müssen die unterschiedlichen Darstellungsformen in ihrer Qualität übereinstimmen. Daher bedarf es einer Beurteilung der einzelnen Modelle, um eine gleichwertige Qualität der einzelnen Interventionen im Rahmen der Vergleichsstudie gewährleisten zu können. Für naturwissenschaftsdidaktische Anschauungsmodelle gilt, dass diese stets nur so gut sind, wie ihr Einsatz im Lernprozess und die daran anschließende Modellkritik (Eschenhagen, Kattmann & Rodi, 2008). Daher gibt es in der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur keine eindeutig beschriebenen Gütekriterien, anhand derer sich die Qualität der Anschauungsmodelle bestimmen lassen kann. Eschenhagen, Kattmann und Rodi (2008) haben allgemeine Kriterien für Modelle formuliert, die zur Qualitätsbestimmung herangezogen werden könnten. Für Modelle in der Informatik sind klare Gütekriterien formuliert, anhand derer man Modelle bewerten kann (Rauh & Stickel 1997). Insgesamt lassen sich folgende Kriterien für die Qualität von Anschauungsmodellen ableiten:

1. Fachlich korrekte Darstellung der Theorien
2. Verständlichkeit des Modells für die Zielgruppe
3. Ausreichende Ausführlichkeit der dargestellten Theorien
4. Widerspruchsfreiheit der dargestellten Theorien
5. Übersichtlichkeit der Modelle
6. Redundanzfreiheit der Modelle

Um eine Basis zu schaffen, auf der die Modelle verglichen werden können, müssen die Gütekriterien quantifizierbar gemacht werden. Hierzu wird eine vierstufige Likert-Skala verwendet, um die Zustimmung zur Erfüllung der einzelnen Kriterien zu erfassen. Da die einzelnen Kriterien auf Beobachtungen mit geringem Komplexitätsgrad zurückzuführen sind, fällt die Wahl der Methode auf die des Urteils von Fachexperten (Döring & Bortz, 2016).

Forschungsprojekt

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht gilt das Arbeiten mit diversen Arten von Modellen als ein grundlegendes Anliegen (z.B. Keller, 1977; Christen, 1990). Insbesondere der Aspekt der beschränkten Wiedergabe der Realität und die damit verbundenen Grenzen der Modellvorstellungen sollen dabei im Fokus stehen (ebd.). Hier setzt das Forschungsprojekt an. Das Grundkonzept besteht darin, SuS ausgewählte Experimente zu Lösungs- und Diffusionsprozessen durchführen zu lassen. Die Erarbeitung der Deutung der Versuche auf Teilchenebene erfolgt im Anschluss auf der Basis von drei unterschiedlichen Modelltypen: Illustrative Modelle, haptisch-interaktive Modelle und digital erweiterte Modelle (AR). Im Rahmen einer Interventionsstudie mit Kontrollgruppendesign wird der Frage nachgegangen wie sich unterschiedliche Präsentationsformen chemie-bezogener Modelle auf das situationale Interesse, die Modellkompetenz und die Teilchenvorstellung von SuS der Orientierungsstufe auswirken. Die Intervention besteht aus drei Doppelstunden, in denen die SuS jeweils zwei Experimente durchführen. Experimentalgruppe I erarbeitet sich die Deutungen mit haptisch-interaktiven Modellen, Experimentalgruppe II mit AR-Modellen und die Kontrollgruppe verwendet Legekarten mit Illustrationen. Die Untersuchung erfolgt hypothesengeleitet:

- (H1) Die einzelnen Gruppen unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg in ihrem situationalen Interesse.
- (H2) Die Modellkompetenz und die Teilchenvorstellungen der verschiedenen Gruppen entwickeln sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

Die Datenerhebung erfolgt mittels Fragebögen zum Pre-, Post- und Follow-Up-Zeitpunkt. Die erworbenen Daten dienen sowohl dazu die Entwicklung der Probanden zu analysieren als auch die beiden Experimentalgruppen und die Kontrollgruppe in Hinblick auf die Hypothesen zu vergleichen.

Ablauf der Intervention

Die Probanden absolvieren drei aufeinanderfolgende Lerneinheiten, die nach den Prinzipien des Conceptual Change konzipiert sind (Strike & Posner, 1992). Pro Doppelstunde erarbeiten sich die SuS in Einzelarbeit jeweils zu einem Themenpunkt folgenden Prozess:

- Die SuS verschriftlichen und verbildlichen zunächst ihre Vorstellungen zu einem Sachverhalt um sich der eigenen Perspektive bewusst zu werden.
- Danach führen die SuS einen kontextorientierten Versuch durch, der bei unpassenden mentalen Modellen, kognitive Konflikte bei den SuS auslöst.
- Im Anschluss erfolgt die Deutung des Versuchs auf Teilchenebene mithilfe eines Modells.
- Daraufhin verbildlichen die SuS ihre Vorstellungen zum vorliegenden Sachverhalt erneut.
- Diese ersten vier Phasen werden im Transfer auf einen neuen Kontext wiederholt, um die Transferqualität der neu erworbenen Vorstellungen zu ermitteln.

In einer abschließenden Plenumsdiskussion werden die Modelle diskutiert und auf diese Weise Modellkritik geübt.

Literatur

- Abraham, M., Varghese, V., & Tang, H. (2010). Using molecular representations to aid student understanding of stereochemical concepts. *Journal of chemical education*, 87 (12), 1425-1429.
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations. *Studies in Science Education*, 18 (1), 53-85.
- Aydeniz, M., & Kotowski, E. L. (2012). What Do Middle and High School Students Know About the Particulate Nature of Matter After Instruction? Implications for Practice. *School Science and Mathematics*, 112 (2), 59-65
- Azuma, R. T. (1977). *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6 (4), 355-385.
- Behmke, D., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Brannock, E., Deiters, M., Rose, J. & Stevens, K. (2018). *Augmented Reality Chemistry: Transforming 2-D Molecular Representations into Interactive 3-D Structures*. Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference, 2 (1), 4-12.
- Bittorf, R., Hallier, S., Busch, S., & Sieve, B. (2017). Modellieren mit Linsen und Kichererbsen. Diffusionsvorgänge auf der Teilchenebene visualisieren. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie* 28 (160), 12-15.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22 (4), 449-462.
- Chiang, T. H., Yang, S. J., & G.-J., H. (10 2014). An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17 (4), S. 352-365.
- Christen, H. R. (1990). *Chemieunterricht. Eine praxisorientierte Didaktik*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and imitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18 (1), 7-22.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U., & Rodi, D. (2008). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis Verlag Deubner
- Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1997). Teilchen und Atome. Modellbildung im Unterricht . *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, S. 180-184.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of educational psychology*, 89 (1), 92.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 17 (6), 722-738.
- Keller, G. (1977). *Über das Denken in Modellen*. Frankfurt am Main, Aarau: Verlag Moritz Diesterweg / Otto Salle Verlag; Verlag Sauerländer AG.
- Kirman Bilgin, A., Demircioğlu Yürükel, F.N., & Yiğit, N. (2017). The Effect of a Developed REACT Strategy on the Conceptual Understanding of Students: "Particulate Nature of Matter". *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 14 (2), 65-81.
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., & Camahort, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering Vol. 5*, 271-277.
- Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, R., Lindmeier, A., Ropohl, M., & Schwanewedel, J. (2019). Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? - Erste Ergebnisse einer Befragung. In C. Maurer (Hg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP).
- Özmen, H. (2011a). Turkish Primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International journal of Environmental & Science Education*, 6 (1), 99-121.
- Özmen, H. (2011b). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education* 57, 1114–1126.
- Rauh, O., & Stöckel, E. (1997). *Konzeptuelle Datenmodellierung*. Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner Verlagsgesellschaft.
- Sieve, B., Graulich, N., Caspari, I., & Bittorf, R. (2017). Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 28 (160), 2-7.
- Strike, K., & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl, & R. Hamilton, *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise* (S. 147-176). New York: New York Univ Press.
- Thomas, J., Struckmeier, S., & Sieve, B. (2017). „Molekulares Sieben 2.0“ – vom Kontinuum zum Diskontinuum mit molekularer Küche. *Chemkon* 3/2017, 142–145
- Yan, F., & Talanquer, V. (2015). Students' Ideas about How and Why Chemical Reactions Happen: Mapping the conceptual landscape. *International Journal of Science Education* 37 (18), 3066-3092.