

Tobias Przywarra¹
Björn Risch²

¹Rheinland-Pfälzische Technische
²Universität Kaiserslautern-Landau
Campus Landau

Einfluss des Modelltyps auf Fachwissen, Modellkompetenz und Interesse

Ausgangslage und Problemstellung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden häufig Phänomene präsentiert, deren Deutungen eine hohe Komplexität aufweisen (Merzyn, 2008; MBWKM-V, 2010). Dies tritt vor allem dann ein, wenn die Deutung nicht mehr auf der Stoffebene, sondern auf der Teilchenebene erfolgt. So sind Deutungen auf der Teilchenebene weder mit den bloßen Sinnesorganen noch über die Beobachtung mithilfe technischer Unterstützung direkt nachvollziehbar. 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. Zahlreiche Studien belegen, dass der gedankliche Übergang von der makroskopischen Ebene hin zu den Modellvorstellungen über das submikroskopische Diskontinuum für Lernende schwer nachzuvollziehen ist (Özmen, 2011; Kirman Bilgin et al., 2017). Zudem wurde festgestellt, dass Lernende jeden Alters, auch an Universitäten, 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. Sie stehen daher weiterhin im Fokus naturwissenschafts-didaktischer Forschungsarbeiten (Parchmann & Schwarzer, 2016; Bittorf et al., 2017; Sieve et al., 2017; Thomas et al., 2017).

Das Hilfsmittel erster Wahl, mit dem diesen Problemen im naturwissenschaftlichen Unterricht entgegengetreten wird, sind Anschauungsmodelle. Diese unterstützen die Lernenden dabei, ein mentales Modell eines Phänomens auf Teilchenebene zu erstellen, zu erweitern oder gar gänzlich zu verändern (Gilbert et al., 2000). In den MINT-Fächern werden insbesondere drei Typen von Modellen am häufigsten eingesetzt (Ostermann et al., 2019): Ikonische Modelle, konkrete Modelle und digitale Modelle. Die Frage welcher Modelltyp am besten geeignet ist, um Schülerinnen und Schülern (SuS) die Deutung auf der Teilchenebene zu erleichtern, wird aktuell in den Naturwissenschaftsdidaktiken untersucht (z.B. Probst et al., 2021). Bisherige Studienergebnisse zum Vergleich verschiedener Modelltypen weisen jedoch eine große Diversität auf (Tversky et al., 2002). Dies beruht zumeist auf der mangelnden Vergleichbarkeit der Qualität der eingesetzten Modelle (ebd.). Neben den charakteristischen Merkmalen der Modelltypen unterscheiden sich die Modelle häufig auch im Umfang der dargestellten Informationen und im Grad der Aktivierung der Nutzerinnen und Nutzer beim Umgang mit den Modellen (ebd.). Zudem gibt es bislang keine Studien, die den Einfluss aller drei zuvor genannten Modelltypen auf das Fachwissen im Kontext chemischer Prozesse untersuchen. Daraus ergibt sich folgendes Forschungsdesiderat: Wie wirken sich in kontrolliert gleichwertigen Lernumgebungen die unterschiedlichen Modelltypen auf einen Fachwissenszuwachs aus? Der Einsatz von Anschauungsmodellen in Bezug auf das Teilchenmodell birgt jedoch auch Probleme. So kann diese Art von Modellen als Idealisierung von realen Teilchen gesehen oder mit Vergrößerungen davon verwechselt werden (Saborowski, 2000). Es besteht keine Trennschärfe zwischen Realität und Modell, sodass die SuS die Modellvorstellungen als der Realität entsprechend annehmen (Jung, 1977; Harrison & Treagust, 1996). Saborowski (2000) postuliert, dass digitale Medien, insbesondere Animationen, aufgrund einer Simulation der Wirklichkeit die Verwechslungsgefahr mit einem vergrößerten Original verringern. Der sich

dadurch ergebende verstärkte Modellcharakter solle zur klareren Trennung zwischen Realität und Modell sowie zu einer deutlicheren Darstellung der Modelleigenschaften führen (ebd.). Das Konstrukt Modellverständnis gilt als Teildimension der Modellkompetenz (Leisner, 2005; Meisert, 2008). Lernende, die über ein angemessenes Modellverständnis verfügen, weisen adäquate Vorstellungen zu vier Aspekten von Modellen auf: Die Modell-Original-Relation, die Funktion von Modellen als Mittel der Erkenntnisgewinnung, der Entwicklungscharakter von Modellen sowie die Rolle und die Intention des Modellierers (Leisner, 2005; Meisert, 2008). Somit ist ein Einfluss des Modelltyps auf das Modellverständnis der Nutzer zu erwarten. Auf Basis von Saborowskis Postulat lässt sich folglich das Desiderat ableiten, wie sich Animationen im Vergleich zu den anderen Modelltypen auf die Entwicklung des Modelverständnisses auswirken.

Forschungsdesign und Methoden

Im Rahmen einer Interventionsstudie mit 292 SuS aus 16 achten Klassen wurde der Forschungsfrage nachgegangen, wie sich unterschiedliche Modelltypen auf die Entwicklung des situationalen Interesses, der Modellvorstellungen und des Fachwissens auswirken. Dazu wurden die SuS quasi-randomisiert in Klassenverbänden drei Gruppen zugeteilt (EG 1-3). Diese führten an drei Interventionszeitpunkten jeweils zwei problemorientierte Experimente zu Lösungs- und Diffusionsprozessen durch. Zur Erarbeitung der Deutung auf Teilchenebene stand jeder Gruppe jeweils ein Modelltyp zur Verfügung:

- Haptisch-interaktive (HI) Modelle mit denen Prozesse simuliert werden (EG 1)
- Digital erweiterte Modelle durch markerbasierte Augmented-Reality-Animationen (AR) auf Tablets (EG 2) sowie
- Illustrationen (IL) in Form von Legebildern, die in die korrekte Reihenfolge gebracht werden müssen (EG 3).

Die Gleichwertigkeit der Qualität der einzelnen Modelltypen wurde zuvor mittels Expertenrating geprüft (Przywarra et al., 2021) und bei Bedarf optimiert (Przywarra & Risch, 2021). Ebenso wurden die Qualität und die Gleichwertigkeit der Lernumgebungen zwischen den Gruppen zuvor gewährleistet (Przywarra & Risch, 2022). Die Untersuchung erfolgte hypothesengeleitet. Zur Überprüfung gleicher Lernbedingungen in den Gruppen wurden folgende Hypothesen überprüft:

(H1) Die empfundene **kognitive Belastung** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) ist gleich hoch.

(H2) Die empfundene **Benutzerfreundlichkeit** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) ist gleich hoch.

Die Beantwortung der Forschungsfrage „Wie wirken sich unterschiedliche Modelltypen auf affektive und kognitive Konstrukte bei SuS der achten Klassenstufe aus?“ wurde durch Prüfung folgender Hypothesen geplant:

(H3) Die einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg in ihrem **situationalen Interesse**.

(H4) Das **Fachwissen** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) zu Löse- und Diffusionsprozessen entwickelt sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

(H5) Das **Modellverständnis** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) entwickelt sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

Die Erhebung der Daten erfolgte mittels Pencil-Paper Fragebögen. Dabei wurden die Konstrukte Fachwissen und Modellverständnis Pre-Post und die Konstrukte kognitive Belastung, Benutzerfreundlichkeit und situationales Interesse begleitend zu den drei Interventionszeitpunkten erhoben. Die Unterschiedsprüfungen der Konstrukte kognitive Belastung, Benutzerfreundlichkeit und situationales Interesse wurden mittels ANOVA vorge-

nommen. Zur Überprüfung auf Unterschiede der Konstrukte Fachwissen und Modellverständnis wurde der messwiederholte Welch-James ADF-Test verwendet.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Itemanalyse der eingesetzten Skalen ergibt Werte im akzeptablen Bereich (Trennschärfe $r_{it} \geq 0.32$, Schiefe $-1.56 - 1.74$, Kurtosis $-2.00 - 3.19$, Schwierigkeit nach Dahl $16 > d < 81$, Cronbach's $\alpha \geq 0.72$).

Die hypothesenbezogenen Ergebnisse der Unterschiedsprüfungen sind im Folgenden aufgeführt: (H1) Die über die drei Messzeitpunkte gemittelte, **kognitive Belastung** unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen (Intrinsic Load: $F(2) = 1.70$, $p = 0.18$, $\eta_g^2 = 0.013$; Extraneous Load: $F(2) = 2.07$, $p = 0.18$, $\eta_g^2 = 0.015$; Germane Load: $F(2) = 0.32$, $p = 0.72$, $\eta_g^2 = 0.003$). (H2) Die über die drei Messzeitpunkte gemittelte **Benutzerfreundlichkeit** unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen ($F(2) = 1.00$, $p = 0.37$, $\eta_g^2 = 0.008$) (H3) Die einzelnen Gruppen unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg nicht in ihrem **situationalen Interesse** (Gruppe: $F(2) = 1.44$, $p = 0.23$, $\eta_g^2 = 0.009$; MZP: $F(2) = 18,56$, $p < 0.001$, $\eta_g^2 = 0.015$, Gruppe ~ MZP: $F(4) = 0.66$, $p = 0.62$, $\eta_g^2 = 0.001$). Die Prüfung der Lernwirksamkeit in Bezug auf das **Fachwissen** (H4) im Pre-Post-Vergleich ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen (Interaktion Pre-Post: $WJ(2) = 0.823$, $p = 0.44$; s. Abb.1). Die EG 3 (IL) weist jedoch im Pre-Test mit einem kleinen Effekt ein signifikant höheres Fachwissen die beiden anderen Gruppen auf (IL-AR: $WJ(1) = 9.866$, $p = 0.006$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.33$; IL-HI: $WJ(1) = 9.035$, $p = 0.01$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.31$; AR-HI: $WJ(1) = 0.025$, $p = 0.87$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.02$). Die Prüfung der Lernwirksamkeit in Bezug auf das **Modellverständnis** (H4) im Pre-Post-Vergleich zeigt, dass die Gruppen sich mit einem kleinen Effekt signifikant verbessert haben ($WJ(1) = 20.610$, $p < 0.001$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.43$). In EG2 (AR) hat sich das Modellverständnis im Vergleich zur EG1 (HI) mit einem mittleren Effekt signifikant stärker entwickelt (Interaktion Gruppe ~ MZP: $WJ(2) = 4.331$, $p = 0.01$; AR-HI: $p = 0.01$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.65$; IL-AR: $p = 0.19$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.28$; IL-HI: $p = 0.19$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.34$; s. Abb.1).

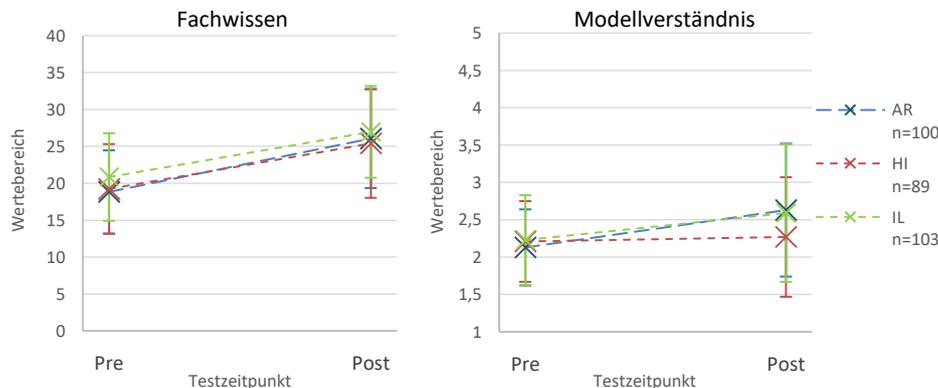


Abbildung 1: Entwicklung des Fachwissens und des Modellverständnisses zum Pre- und Post-Testzeitpunkt. AR = Augmented Reality; HI = Haptisch-Interaktiv; IL = Illustrativ

Literatur

- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations. *Studies in Science Education*, 18:1, S. 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), S. 59-65.
- 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), S. 12-15.
- Gilbert, J., Boulter, C., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. Gilbert, & C. Boulter, *Developing models in science education* (S. 3-17). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science education*, 80(5), S. 509-534.
- Jung, W. (1977). Fachdidaktische Aspekte von Theoriebegriffen. *chimica didacticae* 3(4), S. 153-168.
- Kirman Bilgin, A., Demircioğlu Yürükel, F., & 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), S. 65-81.
- Leisner, A. (2005). *Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis - Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14., S. 243-261.
- Merzlyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ministerium für Bildung, W. u.-V. (2010). *Rahmenplan Naturwissenschaften für die Jahrgangsstufen 5 und 6 an der Integrierten Gesamtschule sowie an der Regionalen Schule*.
- 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*. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP).
- Özmen, H. (2011). Turkish Primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International journal of Environmental & Science Education*, 6(1), S. 99-121.
- Parchmann, I., & Schwarzer, S. (2016). Kann man Atome sehen? Atomvorstellungen reflektieren. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie* 27(153), S. 15-17.
- Probst, C., Fetzter, D., Lukas, S., & Huwer, J. (2021). Effekte von Augmented Reality (AR) zur Visualisierung eines dynamischen Teilchenmodells – virtuelle Modelle zum Anfassen. *CHEMKON*, S. 1-7.
- Przywarra, T., & Risch, B. (2021). Kugeln, Bilder oder Augmented Reality? *Nachrichten aus der Chemie*, 69(11), S. 12-15.
- Przywarra, T., & Risch, B. (2022). Interventionsstudien zum Vergleich verschiedener Modelltypen: Herausforderungen und Lösungsansätze. *CHEMKON*, 29, S. 250-254.
- Przywarra, T., Engl, A., & Risch, B. (2021). Entwicklung eines Messinstruments zur Qualitätsbestimmung von (digitalen) Anschauungsmodellen. *Empirische Pädagogik (EP)*, 35(1), S. 19-37.
- Saborowski, J. (2000). *Computervisualisierung und Modelldenken : konzeptionelle Grundlagen und fachdidaktische Konsequenzen für den Chemieunterricht*. Köln: Jörg Saborowski Verlag.
- Sieve, B., Graulich, N., Caspari, I., & Bittorf, R. (2017). Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 28 (160), S. 2-7.
- Thomas, J., Struckmeier, S., & Sieve, B. (2017). „Molekulares Sieben 2.0“ – vom Kontinuum zum Diskontinuum mit molekularer Küche. *Chemkon* 3/2017, S. 142–145.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International journal of human-computer studies*, 57(4), S. 247-262.
- 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), S. 3066-3092.