

Hendrik Peeters
Sebastian Habig
Sabine Fechner

Universität Paderborn

Augmented Reality als Experimentierhilfe bei Beobachtung und Deutung

Ausgangslage

Der naturwissenschaftliche Unterricht und hierbei insbesondere das Fach Chemie zeichnen sich dadurch aus, dass sich chemische Prozesse häufig nur makroskopisch beschreiben lassen. Tiefergehende Erklärungen für diese müssen jedoch indirekt über die der menschlichen Wahrnehmung unzugänglichen submikroskopischen Ebene generiert werden. Als Hilfsmittel zur Visualisierung und als epistemologische Werkzeuge werden daher Repräsentationen und Modelle genutzt, die als „dominant way of thinking“ in der Chemie gelten (Luisi & Thomas, 1990, S. 67) und die somit eine Mittlerfunktion zwischen den beiden Ebenen innehaben. Aufbauend auf diesen Überlegungen entwickelte und postulierte Johnstone (1982, 1993) sein vielfach rezipiertes chemisches Dreieck, welches die Verbindung zwischen der makroskopischen, der submikroskopischen sowie der symbolischen Repräsentationsebene widerspiegelt. Sowohl das Wechseln zwischen einzelnen Ebenen als auch deren Verknüpfung miteinander sind unerlässlich, wenn makroskopisch beobachtbare Phänomene gedeutet werden sollen. Gerade diese Fähigkeit unterscheidet erfahrene Expert*innen von Noviz*innen (Kozma & Russell, 1997). So konnten in der Vergangenheit bereits mehrere Studien zeigen, dass Lernende nicht souverän zwischen den einzelnen Repräsentationsebenen wechseln können (Davidowitz & Chittleborough, 2009; Dettweiler, 2017). Folglich reichen von Schüler*innen generierte Erklärungen häufig nicht über die makroskopische Ebene hinaus und weisen somit eher beschreibenden Charakter auf (Andrade et al., 2019).

Theoretischer Hintergrund

Repräsentationen bilden Systeme, Phänomene oder Entitäten in vereinfachender Weise ab (Rapp & Kurby, 2008). Modelle gehen nach Giere (2010) über diese Funktion hinaus, da sie von einem Subjekt nicht nur zu Abbildungszwecken geschaffen werden, sondern auch immer einem intendierten Zweck wie etwa der Erklärung eines chemischen Phänomens dienen müssen. Daher wird Modellen neben einer ontologischen auch eine epistemologische Funktion zugeschrieben. Vor diesem Hintergrund existieren Modelle – im Gegensatz zu Repräsentationen – nicht von sich aus, da dies erst durch Zuschreibung oder Kreation eines Subjekts geschehen kann. Naturwissenschaftliche Repräsentationen können durch ihren Einsatz im Prozess der Erkenntnisgewinnung und ihren direkten Bezug zu Modellen jedoch bereits einen modellhaften Charakter aufweisen.

Die Nutzung von Repräsentationen wurde durch die Trennung von Beobachtung und Deutung während und nach der Experimentierphase bislang häufig nur auf die Deutung beschränkt. Augmented Reality (AR) erscheint in diesem Zusammenhang als ein potentieller Unterstützungsansatz, um während der Beobachtungsphase bereits die Vorgänge auf der submikroskopischen Ebene zu repräsentieren. Im wissenschaftlichen Diskurs gibt es bisher noch keine einheitliche Definition zu AR. Sehr häufig wird jedoch die Definition nach Azuma (1997) herangezogen, die drei charakteristische Merkmale ausweist:

- (1) Kombination von virtuellen und realen Objekten mit teilweiser Überlagerung
- (2) Interaktion in Echtzeit

(3) Dreidimensionalität der virtuellen & realen Objekte

Durch die Integration virtuell dargebotener Repräsentationen in den Experimentier- und Beobachtungsprozess wird es möglich, die submikroskopische Ebene bereits vor der Deutungsphase einzubeziehen, was aus kognitionspsychologischer Sicht zuträglich erscheint, da zusammengehörige Informationen in einer räumlichen und zeitlichen Kontiguität präsentiert werden. Erste Studien deuten darauf hin, dass sich durch den Einsatz von AR nicht nur die extrinsische kognitive Belastung reduzieren (Thees et al., 2020; Keller, Habig & Rumann, 2021), sondern auch der Erwerb konzeptionellen Wissens unterstützen lässt (Altmeyer et al., 2020; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Die Konstruktion sowie die Nutzung von Modellen und Repräsentationen stellen nicht zuletzt auch die Voraussetzung für die Generierung von Erklärungen im naturwissenschaftlichen Unterricht dar (Oliveira, Justi & Mendonça, 2015). Unter einer Erklärung nach Gilbert, Boulter und Rutherford (2000) wird die Antwort auf eine spezifische Frage verstanden. Kausale Erklärungen verfolgen in diesem Zusammenhang das Ziel, eine Ursache-Wirkung-Beziehung herzustellen. Das deduktiv-nomologische Modell der Erklärung bietet einen ersten wissenschaftstheoretischen Ansatz zur Konstruktion und zur Analyse solcher Erklärungen, die sich stets aus dem Explanandum und dem Explanans zusammensetzen (Hempel & Oppenheim, 1948). Das Explanandum stellt das zu erklärende Phänomen dar, welches in Form von logischen Sätzen beschrieben wird, während das Explanans Gesetze, Regelmäßigkeiten, Bedingungen sowie (unsichtbare) Entitäten enthält, die zum eigentlichen Phänomen führen. Ausgehend von diesen Annahmen haben sich in jüngerer Vergangenheit weitere Ansätze etabliert, die die Schwachstellen des deduktiv-nomologischen Modells zu lösen versuchen. Während der Kausalitätsansatz den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung anhand von Mechanismen zu rekonstruieren versucht (Salmon, 1984; Woodward, 2003), wird im Vereinheitlichungsansatz primär nach Erklärungen gesucht, die eine möglichst große Zahl von Phänomenen umfassen (Kitcher, 1981). Andrade und Kollegen (2019) haben auf Grundlagen dieser beiden Ansätze ein Kategoriensystem konzipiert, mit dem Erklärungen von Lernenden systematisch analysiert werden können:

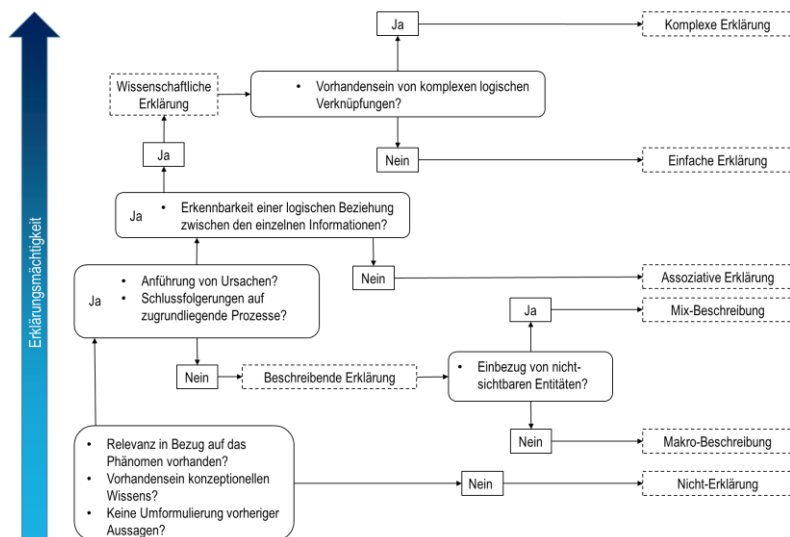


Abb. 1: Kategoriensystem für Erklärungen nach Andrade und Kollegen (2019)

Forschungsziel und Forschungsfragen

Das Promotionsprojekt verfolgt das Ziel, die Fähigkeit von Schüler*innen, chemische Phänomene zu erklären, zu erheben, und Effekte des Einsatzes von AR-Visualisierungen aufzudecken. Hierzu wird in einem zweiteiligen Forschungsprojekt folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

F1: Inwiefern führt der Einsatz von Augmented Reality in Experimentiersituationen zu höheren Leistungen beim Erklären chemischer Phänomene?

F2: Inwiefern kann der Einsatz von Augmented Reality beim Experimentieren die Verknüpfung von Beobachtung und Deutung unterstützen?

Forschungsdesign

Zur Erforschung der oben genannten Fragestellungen soll zunächst eine erste explorative Studie mit qualitativem Schwerpunkt durchgeführt werden, die grundsätzlich zwei Ziele verfolgt. Einerseits soll die zuvor entwickelte AR-Umgebung erprobt und andererseits erste Hinweise auf Effekte hinsichtlich der Fähigkeit von Schüler*innen, Phänomene zu erklären, gewonnen werden. Hierzu beobachten die Proband*innen ein chemisches Phänomen und bekommen währenddessen virtuelle Repräsentationen der submikroskopischen Ebene zur Verfügung gestellt. Im Anschluss werden sie sowohl zur Deutung des Experiments als auch zur System Usability im Hinblick auf die AR-Umgebung befragt. Mittels eines teilstrukturierten Vorgehens anhand von Leitfragen und der Think-Aloud-Methode sollen die Proband*innen möglichst viele ihrer Gedanken verbalisieren, um umfangreiche und nachvollziehbare Informationen zu ihren Erklärungsansätzen zu erhalten. Diese Erkenntnisse werden schließlich in der Konzeption der zweiten Studie berücksichtigt, die zunächst in einem quasi-experimentellen Prä-Post Vergleichsgruppendesign angelegt ist. Im Rahmen des Vortests werden zunächst das Fachwissen, die kognitiven Fähigkeiten, Motivation und Interesse hinsichtlich des Fachs Chemie sowie das Interesse an Informationstechnologie und digitalen Medien als Kontrollvariablen erhoben. Während der Intervention führen die Proband*innen dann ein Experiment durch, wobei einer Vergleichsgruppe AR-Visualisierungen zur Verfügung gestellt werden. In der anschließenden Erklärungsphase halten die Studienteilnehmer*innen ihre Erklärungsansätze in einer vorbereiteten digitalen Lernumgebung fest. Sowohl die Experimentier- als auch die Erklärungsphase werden durch Screencasts und Audiographie der Gespräche zwischen den Proband*innen dokumentiert und durch regelmäßige Abfragen der empfundenen kognitiven Belastung begleitet, sodass über die gesamte Intervention Prozessdaten vorliegen, die in Zusammenhang mit den Daten der primär quantitativen Prä- und Posttests analysiert werden können.

Ausblick

Für eine adäquate Umsetzung erstgenannter Teilstudie müssen zunächst Experimente ausgewählt werden, die sich für eine AR-Umgebung eignen. Parallel hierzu kann bereits eine Auswertung verschiedener AR-Technologien hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit erfolgen. Im Anschluss an die beiden zuvor genannten Schritte soll mit der Entwicklung einer AR-Umgebung begonnen werden, welche zu gegebener Zeit pilotiert wird. Vor Beginn der ersten Teilstudie soll weiterhin ein Leitfaden zur Strukturierung und Fokussierung relevanter Aspekte entwickelt werden.

Literaturverzeichnis

- Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J. & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 611–628. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>
- Andrade, V. de, Freire, S. & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education*, 49(3), 787–807. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9648-9>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Davidowitz, B. & Chittleborough, G. D. (2009). Linking the macroscopic and sub-microscopic Levels: Diagrams. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple representations in chemical education* (Models and Modeling in Science Education, Bd. 4, S. 169–191). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_9
- Dettweiler, Y. (2017). *Enhancing students' knowledge by meta-conceptual instruction*. <https://doi.org/10.17619/UNIPB/1-21>
- Giere, R. N. (2010). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, 172(2), 269–281. <https://doi.org/10.1007/s11229-009-9506-z>
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. & Rutherford, M. (2000). Explanations with models in science education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Hrsg.), *Developing models in science education* (S. 193–208). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_10
- Hempel, C. G. & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135–175.
- Ibáñez, M.-B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *Chemistry in Britain*, 18(6), 409–410.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Keller, S., Rumann, S. & Habig, S. (2021). Potentiale von Augmented Reality für das Erlernen der organischen Chemie. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020*. Universität Duisburg-Essen.
- Kitcher, P. (1981). Explanatory Unification. *Philosophy of Science*, 48(4), 507–531. Verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/186834>
- Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Luisi, P.-L. & Thomas, R. M. (1990). The pictographic molecular paradigm. *Naturwissenschaften*, 77(2), 67–74.
- Oliveira, D. K. B. S., Justi, R. S. & Mendonça, P. C. C. (2015). The use of representations and argumentative and explanatory situations. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1402–1435. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1039095>
- Rapp, D. N. & Kurby, C. A. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualizations. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. B. Nakhleh (Hrsg.), *Visualization: Theory and practice in science education* (S. 29–52). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_2
- Salmon, W. C. (1984). *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P. & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>
- Woodward, J. (2003). *Making things happen. A theory of causal explanation* (Oxford studies in philosophy of science). Oxford, New York: Oxford University Press.