

Hendrik Peeters<sup>1</sup>  
Sebastian Habig<sup>2</sup>  
Sabine Fechner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Paderborn  
<sup>2</sup>Universität Nürnberg-Erlangen

## Einbettung von Augmented Reality in den Experimentierprozess

### Ausgangslage

Sowohl Experimente als auch Modelle stellen in den Naturwissenschaften und damit auch im Chemieunterricht wesentliche Säulen der Erkenntnisgewinnung dar. Dabei wird das traditionelle kochrezeptartige Durchführen von Experimenten seit einigen Jahren zunehmend durch *inquiry*-basierten Ansätzen ergänzt, deren Potenziale und Grenzen fortwährend in der Literatur diskutiert werden (Furtak et al., 2012; Rönnebeck et al., 2016). Trotz der Vielzahl und der damit einhergehenden Diversität vorhandener *Inquiry*-Ansätze zielt ein nicht unerheblicher Teil dieser Formate darauf ab, Lernende selbstbestimmt(er) naturwissenschaftliche Phänomene untersuchen und erklären zu lassen, wobei diese möglichst auf wissenschaftliche Methoden wie beispielsweise das Modellieren zurückgreifen sollen (Minner et al., 2010). Die Lernenden stehen dabei vor der Herausforderung, nach der Durchführung eines Experiments die auf der makroskopischen Ebene sichtbaren Phänomene mit der nicht-sichtbaren submakroskopischen Ebene in Verbindung zu bringen. Nach Johnstone (1993) stellt dies jedoch eine wichtige Voraussetzung für die Interpretation chemischer Phänomene dar. Bisherige Studien (Dettweiler, 2017; Kozma & Russell, 1997) deuten jedoch darauf hin, dass Schüler\*innen meist nicht souverän zwischen den einzelnen Repräsentationsebenen wechseln oder diese in Verbindung bringen können. Wie Andrade und Kollegen (2019) zeigen konnten, gelingt es den meisten Lernenden oft nicht, adäquate Erklärungen zu formulieren.

Augmented Reality (AR) bietet die Möglichkeit, die submikroskopische Ebene bereits während des Experimentierens in den Prozess der Erkenntnisgewinnung einzubeziehen, indem virtuelle digitale Modelle zur Verfügung gestellt werden. Die Potenziale und Grenzen des Einsatzes von AR in diesem Zusammenhang sollen in dem vorgestellten Promotionsprojekt näher untersucht werden.

### Theoretischer Hintergrund

Modelle spielen eine zentrale Rolle in den Naturwissenschaften vor allem in der Chemie. Aufgrund der Unzugänglichkeit der submikroskopischen Ebene für das menschliche Auge stellen sie hier den „dominant way of thinking“ (Luisi & Thomas, 1990, S. 67) dar und haben eine Mittlerfunktion zur sinnlich wahrnehmbaren makroskopischen Ebene inne. Giere (2010) verweist darauf, dass Subjekte Modelle einerseits zur Abbildung eines ausgewählten Teils der Realität erstellen bzw. nutzen, diese andererseits aber auch einen Zweck erfüllen müssen. Eine wesentliche Funktion von Modellen besteht schließlich darin, Erklärungen zu beobachteten Phänomenen zu konstruieren und zu rechtfertigen (Oliveira et al., 2015). Naturwissenschaftliche Erklärungen zeichnen sich hierbei insbesondere dadurch aus, dass sie Phänomene nicht nur beschreiben, sondern auch nicht-sichtbare Entitäten einbeziehen, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen aufzudecken (Braaten & Windschitl, 2011). Gerade diese Aspekte sind im *Inquiry*-Prozess von zentraler Bedeutung.

Der Begriff *Inquiry* zeigt insofern eine Polyvalenz, als er in verschiedenen Kontexten der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung Anwendung findet und hierbei unterschiedliche

Bedeutungen innehat (Minner et al., 2010). So umfasst der Begriff einerseits das Wissen von Lernenden über die Arbeitsmethoden von Wissenschaftler\*innen und andererseits wird *Inquiry* auch als pädagogischer Ansatz verstanden, den Lehrende nutzen, um Lernenden Raum für eigene Untersuchungen zu geben. Dabei bezieht er sich auch auf die Fähigkeit der Lernenden, selbst wissenschaftliche Methoden wie beispielsweise das Modellieren im Rahmen eines Erkenntnisgewinnungsprozesses einzusetzen. In Bezug auf den zuletzt genannten Aspekt werden von Furtak und Kolleg\*innen (2012) vor allem zwei Dimensionen unterschieden: die Art und der Umfang von Aktivitäten sowie die Leitung durch den Prozess, welche sich in einem Kontinuum zwischen Lehrenden und Lernenden bewegt. Wie Pedaste und Kolleg\*innen (2015) in ihrem systematischen Review zu Phasen des *Inquiry*-Prozesses zeigen konnten, herrscht insbesondere in Bezug auf die Aktivitäten bislang kein Konsens, sodass unterschiedliche *Inquiry*-Konzepte verschiedene Phasen für den Prozess vorschlagen, die jedoch nicht immer zwangsläufig linear verlaufen müssen und in einzelnen Ansätzen sogar überlappen können. Während die White und Frederiksen (1998) in ihrem Ansatz nur fünf Aktivitäten (*Question, Predict, Experiment, Model, Apply*) unterscheiden, differenziert die NRC (2012) zwischen acht unterschiedlichen Aktivitäten. Beim Vergleich der unterschiedlichen Konzepte fällt jedoch auf, dass eine Mehrzahl das Modellieren als eigene Phase im *Inquiry*-Prozess ausweisen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob eine Trennung zwischen Durchführungs-, Modellierungs- und Erklärungsphase – wie sie in einigen *Inquiry*-Ansätzen bislang vorgenommen wird – weiterhin in jedem Setting empfohlen werden sollte, insbesondere vor dem Hintergrund, dass Erklärungen von Schüler\*innen häufig nicht über die makroskopische Ebene hinausgehen und somit eher einen deskriptiven Charakter aufweisen (Andrade et al., 2019).

In diesem Zusammenhang kann Augmented Reality (AR) als unterstützende Technologie infrage kommen und bei Einbettung in den Experimentierprozess als mögliches Bindeglied zwischen den zuvor genannten Phasen bzw. Aktivitäten fungieren, da AR die Realität durch virtuelle Objekte ergänzt. So können bereits während der Durchführung des Experiments Modelle der submikroskopischen Ebene virtuell dargestellt werden, was aus kognitionspsychologischer Sicht hinsichtlich der Präsentation zusammengehöriger Informationen zuträglich erscheint. Hierbei kann einerseits auf *See-through*-Geräte, die oft in Form einer Brille am Kopf befestigt werden, und andererseits auf monitorbasierte Geräte wie Tablets zurückgegriffen werden. AR ist damit Teil des von Milgram und Kollegen (1994) postulierten Mixed-Reality-Kontinuums, dessen Extrema die „echte“ Realität und eine vollständig virtuelle Realität bilden. Eine einheitliche Definition zu AR existiert bislang zwar nicht, allerdings wird in der Literatur häufig auf drei von Azuma (1997) postulierte Merkmale Bezug genommen:

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

Dass der Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht durchaus positive Effekte mit sich bringen kann, legen erste Studienergebnisse nahe. So stellen Ibáñez und Delgado-Kloos (2018) in ihrem systematischen Review fest, dass sich bei der Mehrheit der einbezogenen Studien ein positiver Einfluss auf den Erwerb konzeptuellen Wissens bei der Nutzung von AR zeigte. Weitere Studien ergaben, dass sich einerseits die Komplexität dreidimensional anspruchsvoller Aufgaben durch den Einsatz von AR senken ließ (Habig, 2020) und andererseits die Proband\*innen auch eine geringere extrinsische kognitive Belastung wahrnahmen (Thees et al., 2020).

### **Forschungsziel und Forschungsfragen**

Ausgehend von zuvor skizzierten Herausforderungen und Lösungsansätzen verfolgt das Promotionsprojekt das Ziel, Effekte des Einsatzes von Augmented Reality während des Experimentierens auf lernergenerierte Erklärungen zu untersuchen. In mehreren Teilstudien soll hierbei folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden:

- F1: Wie werden Modelle von Lernenden während der verschiedenen Phasen des *Inquiry*-Prozesses genutzt?
- F2: Welche Effekte hat AR auf die Fähigkeit von Lernenden bei der Deutung eines Phänomens, die makroskopische mit der submikroskopischen Ebene zu verbinden?
- F3: Wie wirkt sich AR auf die Adäquatheit von schülergenerierten Erklärungen zu einem chemischen Phänomen aus?

### **Forschungsdesign**

Ausgangspunkt zur Erforschung der oben genannten Fragestellungen bildet ein systematisches Review, welches den Einsatz von Modellen im *Inquiry*-Prozess untersucht. Hierbei wird vorrangig auf zwei Literaturlieferanten (Web of Science und Scopus) mittels einer Suchanfrage bestehend aus Begriffen zum *Inquiry*-Prozess, zu Modellen bzw. Visualisierungen sowie den Naturwissenschaften zurückgegriffen. Die Ergebnisse der Suchanfragen werden im Anschluss auf die Einhaltung der Einschlusskriterien wie u.a. Relevanz hinsichtlich der *Inquiry*-Phasen und Modelle, Schulbezug sowie Bericht einer empirischen Studie überprüft und im Anschluss systematisch analysiert. Aus den Ergebnissen des Reviews sollen einerseits Gestaltungsmerkmale für die zu entwickelnde AR-Umgebung gewonnen werden, welche in einer Pilotstudie mit einem Schwerpunkt auf Benutzerfreundlichkeit evaluiert werden soll, um sie im Anschluss mit Blick auf die Hauptstudie überarbeiten zu können. Andererseits soll das systematische Review dazu beitragen, die Hauptstudie mit einem Prä-Post-Interventionsdesign so zu gestalten, dass zwischen den zwei Vergleichsgruppen mit Blick auf Lernumgebungen ein fairer Vergleich vorgenommen werden kann. Hier erfolgt nach dem Prä-Test, in dem u.a. Merkmale wie kognitive Fähigkeiten, Fachwissen und Modellverständnis erfasst werden, die Zuweisung zu einer der beiden Vergleichsgruppen auf Basis der Ergebnisse der Befragung, um vergleichbare Gruppen sicherzustellen. Beide Gruppen führen in der darauffolgenden Experimentierphase ein Experiment durch, wobei eine Gruppe durch eine Echt-Zeit-AR-Visualisierung unterstützt wird, während die Vergleichsgruppe eine andere Form der Unterstützung erhält. Im Anschluss bereiten die Proband\*innen mithilfe einer vorstrukturierten digitalen Lernumgebung eine Erklärung zum beobachteten Phänomen vor, die sie in einem anschließenden Interview verbalisieren. Sowohl die Experimentierphase als auch die Vorbereitung der Erklärungen sollen hierbei mittels Screencasts aufgezeichnet werden, um die Nutzung der einzelnen Lernumgebungen evaluieren zu können. Zudem soll in den beiden Phasen in regelmäßigen Abständen die empfundene kognitive Belastung anhand eines kurzen Fragebogens erfasst werden. Abschließend erfolgt ein Post-Test, der die Aspekte Fachwissen, Modellverständnis und die Benutzerfreundlichkeit abdecken soll.

### **Ausblick**

Derzeit befindet sich das systematische Review, das als Ausgangspunkt für die weitere Studienkonzeption dient, in der Auswertungsphase. Sobald Ergebnisse zum Review vorliegen, werden diese zur Konzeption eines Prototyps für die AR-Umgebung nutzbar gemacht, welcher im Anschluss evaluiert und überarbeitet wird.

## Literaturverzeichnis

- 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>
- Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639–669. <https://doi.org/10.1002/sc.20449>
- Dettweiler, Y. (2017). *Enhancing students' knowledge by meta-conceptual instruction*. DataCite.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- 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>
- Habig, S. (2020). Who can benefit from augmented reality in chemistry? Sex differences in solving stereochemistry problems using augmented reality. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 629–644. <https://doi.org/10.1111/bjet.12891>
- 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. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- 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.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2351, 282–292. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education*. National Academies Press.  
<https://doi.org/10.17226/13165>
- 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>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, Riesen, van, Siswa A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.  
<https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- 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>
- White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–118. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2)