

Mareike Freese<sup>1</sup>  
 Albert Teichrew<sup>1</sup>  
 Jan Winkelmann<sup>2</sup>  
 Roger Erb<sup>1</sup>  
 Mark Ullrich<sup>1</sup>  
 Michael Tremmel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

### **Fortbildung zu Augmented Reality-Experimenten im Physikunterricht**

Mit dem digitalen Werkzeug Augmented Reality (AR) können Experimente aus dem Physikunterricht mit digital eingeblendeten, dynamischen Modellen in Echtzeit kombiniert werden (Teichrew & Erb, 2020). Durch die gegenseitige Überprüfung und Reflexion können Modelle leichter verstanden und Experimente besser ausgewertet werden (Radu, 2014). Viele Physiklehrkräfte schätzen ihre eigenen digitalen Kompetenzen jedoch teilweise als unzureichend ein (Vogelsang et al., 2019) und wünschen sich auch mehr Kenntnisse im Bereich der Modellierung (Gilbert & Justi, 2016; Oh & Oh, 2011). Um die entsprechenden Kompetenzen zu fördern, wurde im Rahmen des vom BMBF geförderten QLB-Teilprojekts „diMEx“ eine mehrteilige Lehrkräftefortbildung zu AR-Experimenten im Physikunterricht durchgeführt. Dazu wurden qualitative Befragungen und Interviews mit den Teilnehmenden geführt. Außerdem wurden die selbst erstellten und im Unterricht eingesetzten AR-Experimente mittels einer Bewertungsmatrix fachlich und didaktisch eingeschätzt. Insgesamt zeigt sich die Wirksamkeit der Fortbildung besonders in den gestalterischen Aspekten der Lernprodukte, während in Bezug auf den Unterrichtseinsatz der AR-Experimente seitens der Lehrkräfte mehr konkrete Vorbereitung gewünscht wird.

#### **Hintergrund und Motivation**

Modelle sind als essenzieller Bestandteil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung in den Bildungsstandards verankert (KMK, 2005). Dazu gehört die Kenntnis über Eigenschaften und Alternativen von Modellen selbst, sowie der Zweck und das aktive Testen und Ändern von Modellen von und für etwas (Krüger, Kauertz & Upmeyer zu Belzen, 2018). Dennoch deuten nationale und internationale Studien darauf hin, dass die Modellkompetenz von Lernenden und Lehrkräften, also die Voraussetzungen, um mit physikalischen Modellen Erkenntnisgewinnung zu betreiben und über Modelle zu reflektieren, häufig verbesserungswürdig ist (Gilbert & Justi, 2016; Fruböse, 2010). So würden der Prozess des Modellierens und die Entstehung von Modellen im Unterricht oft nicht explizit thematisiert, sondern nur im Rahmen von Beispielen Modelle als solche zum Gegenstand gemacht (Gobert et al., 2011; Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016). Im Gegensatz zum beliebten Experimentieren finden Schüler\*innen Modelle und Modellieren eher abstrakt und schwierig (Winkelmann, Freese & Strömmer, 2021). In ihrer Wahrnehmung findet eine bewusste Trennung zwischen Modellwelt und Erfahrungswelt statt (Thiele, Mikelskis-Seifert & Wünscher, 2005). Das digitale Werkzeug Augmented Reality (AR) ermöglicht den direkten Vergleich von Modell und Experiment, da damit reale Umgebungen in Echtzeit um virtuelle Inhalte erweitert werden, etwa durch die Kamera eines Mobilgeräts. Im Gegensatz zur Virtual Reality (VR) bleibt dabei die reale Umgebung, in der man sich befindet, sichtbar (Carmigniani & Furht, 2011). Bei einer

Bewegung um das im Raum platzierte, virtuelle 3D-Objekt bleibt dieses an seiner zugewiesenen Stelle. Die Unterscheidung von Modell- und Erfahrungswelt bleibt dabei gewährleistet, da die Modellinhalte als virtuelle Objekte erkennbar sind. Seit einiger Zeit kommt AR in vielen Domänen zum Einsatz. Neben Gaming, Werbung oder Navigation ist sie inzwischen auch im Bildungsbereich angekommen. Speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht lässt sich AR auch in Verbindung mit dem Experimentieren einsetzen. Dabei werden bekannte, reale Experimente mit virtuellen Objekten verknüpft, um Modellierungen in Form von Beobachtungen oder Messwerten greifbarer und leichter verständlich zu machen (Teichrow & Erb, 2020). Durch den direkten Vergleich des dynamischen Modells und der Realität im Experiment wird die Unterscheidung von Modell- und Erfahrungswelt aktiv reflektiert.

Der Unterrichtseinsatz von AR-Experimenten und das Erstellen eines eigenen AR-Experiments mit einer geeigneten Anwendung (z.B. *GeoGebra*) erfordern spezielle digitale Kompetenzen. Dazu gehören die souveräne Nutzung der Software und Bedienung der Hardware (Smartphones oder Tablets) in gleichem Maße wie die zielgerichtete didaktische Nutzung digitaler Werkzeuge im Unterricht. Dies wird auch von der Kultusministerkonferenz als eine der „Kompetenzen in der digitalen Welt“ formuliert (KMK, 2017, S. 16ff). Gemeinsam mit dem festgestellten Bedarf an Schulungsmaßnahmen zu Modellen motiviert die Förderung der digitalen Kompetenzen von Lehrkräften die vorgestellte Studie.

### **Studiendesign und Messinstrument**

Den Kern der Studie bildet eine fünfteilige Lehrkräftefortbildung, die auf Grundlage einer Bedarfsanalyse (Freese et al., 2021) von September 2021 bis März 2022 mit 15 Teilnehmenden durchgeführt wurde. Die Stichprobe ist halbrepräsentativ, da neben erwartungsgemäß technikaffinen Lehrkräften, die freiwillig angemeldet waren, auch Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst im Rahmen des Studienseminars zur Fortbildung kamen.

Nach einer Vorbefragung wurden in der Auftaktsitzung Grundlagen zu AR(-Experimenten) vermittelt und eigene Ideen der Lehrkräfte für einen Unterrichtseinsatz gesammelt. Daran schlossen drei Workshop-Sitzungen im Abstand von jeweils einem Monat an, deren inhaltlicher Schwerpunkt auf der Erstellung der 3D-Modelle in *GeoGebra* lag. Dies wurde durch eine Online-Lerneinheit mit ausführlichen Anleitungen und Hilfestellungen ergänzt. Die Workshops wurden außerdem durch Inputvorträge zum wissenschaftlichen Hintergrund und zu empirischen Studien eingeleitet. In der dreimonatigen Implementationsphase erhielten die Lehrkräfte die Gelegenheit, die in den Workshops entwickelten oder angepassten 3D-Modelle als AR-Experimente im eigenen Unterricht einzusetzen. Dies wurde durch semistrukturierte Interviews begleitet. In der Abschlussitzung präsentierten die Lehrkräfte ihren Unterrichtseinsatz sowie die 3D-Modelle und gaben einander Peer-Feedback. Seitens der Projektbeteiligten wurden die Kompetenzen der Lehrkräfte anhand ihrer AR-Experimente und deren Implementation mit einer Bewertungsmatrix fachlich und didaktisch eingeschätzt (Expert\*innenfeedback). Die Matrix, basierend auf dem TPACK-Rahmen (Mishra & Koehler, 2006), enthält fünf Kompetenzaspekte mit jeweils fünf Stufen:

- Digitale Modellierungskompetenz (TK): Grad der Selbstständigkeit im Erstellungsprozess des 3D-Modells in *GeoGebra*.
- Inhaltliche Gestaltung des Modells (TCK): Fachlich korrekte Inhalte und nachvollziehbare Zusammenhänge zwischen den Größen im 3D-Modell.

- Didaktische Gestaltung des Modells (TPK 1): Optisch ansprechende Nutzeransicht und intuitive Bedienung des 3D-Modells.
- Didaktischer Einsatz des Modells (TPK 2): Formulierung eines angemessenen Lernziels für den Unterrichtseinsatz.
- Digitale Modellkompetenz (TPACK): Insgesamt erkennbare Bereicherung des realen Experiments durch die modellierten Inhalte mit AR.

### **Ergebnisse**

In der Reflexionssitzung stellten von ursprünglich 15 Lehrkräften neun Teilnehmende ein AR-Experiment vor. Dabei zeigte sich, dass die Erstellung eines eigenen 3D-Modells von Grund auf mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden ist, weshalb auf Wunsch der Lehrkräfte die erstellten Materialien in einer sortierten Sammlung als Open Educational Resource auf der Homepage der Arbeitsgruppe gebündelt wurden (siehe Freese, 2022).

Das Expert\*innenrating anhand der Lernprodukte mit der Bewertungsmatrix nach der Fortbildung zeigt generell hohe Kompetenzen der Lehrkräfte in den gestalterischen Aspekten TCK und TPK 1; hier liegen die Einschätzungen im Durchschnitt insgesamt bei 4,39 von 5 möglichen Punkten mit mittlerer Interrater-Korrelation (vier projektverantwortliche Expert\*innen). Damit kann festgehalten werden, dass die Lehrkräfte das Gelernte aus den Workshops bei der (Um-)Gestaltung ihrer AR-Experimente gut umsetzen konnten. Die Kompetenzaspekte TPK 2 und TPACK, welche sich auch auf den Unterrichtseinsatz beziehen, liegen bei den Lehrkräften nach der Fortbildung im mittleren Bereich (durchschnittlich 3,36 bzw. 4,00 von 5 Punkten). Der gezielte Einsatz eines konkreten 3D-Modells als AR-Experiment im Unterricht lag nicht im Fokus der Workshops, was auch von den Lehrkräften rückgemeldet wurde. Auch die geringe bis nicht existente Interrater-Korrelation bei diesen Aspekten spiegelt dies wider und zeigt die Notwendigkeit der Präzisierung der Vorstellungen selbst innerhalb des Projektteams. Der Unterrichtseinsatz sollte daher in Zukunft verstärkt in den Blick genommen und die Operationalisierung der Kompetenzen in diesem Bereich soll vorangetrieben werden. Für eine ausführlichere Darstellung der Ergebnisse sei aus Platzgründen an dieser Stelle auf Freese et al. (angenommen) verwiesen.

### **Ausblick**

Um die Nachhaltigkeit der Fortbildung zu überprüfen, wird etwa ein halbes Jahr nach ihrem Abschluss eine Follow-Up-Untersuchung mit erneuten Interviews mit den Lehrkräften durchgeführt. Dabei liegt der Fokus auf den Entwicklungen bezüglich AR im Unterricht und möglichen Gründen, die einen Einsatz behindern.

Auf Hochschulebene wird im Wintersemester 2022/23 im Rahmen des Nachfolgeprojekts „WARP-P“ ein Laborpraktikum angeboten, in dem Physik-Lehramtsstudierende zu AR-Experimenten transformierte Praktikumsversuche durchführen. Dabei werden affektive Merkmale und das Fachwissen der Studierenden evaluiert. Im Sommersemester 2023 wird außerdem ein Wahlpflichtseminar angeboten, in dem Lehramtsstudierende analog zu der hier vorgestellten Lehrkräftefortbildung eigene 3D-Modelle in *GeoGebra* erstellen und AR-Experimente entwickeln. Im Rahmen eines Schülerlabors an der Universität werden diese mit mehreren Schulklassen eingesetzt und nach der Durchführung zur Förderung des Kompetenzaspekts TPK 2 ausführlich reflektiert.

### Literatur

- Carmigniani, J. & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. In B. Furht (Ed.), *Handbook of Augmented Reality*. New York, NY: Springer, 3 - 46
- Freese, M., Winkelmann, J., Teichrew, A., & Ullrich, M. (2021). Nutzung von und Einstellungen zu Augmented Reality im Physikunterricht. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020*. Universität Duisburg-Essen, 390 – 393
- Freese, M. (2022). *Gesammelte Augmented Reality-Experimente*. Homepage der Arbeitsgruppe Erb. Abgerufen am 31. Oktober 2022 von <https://physikexperimentieren.uni-frankfurt.de/ar-experimente/>
- Freese, M., Teichrew, A., Winkelmann, J., Erb, R., Ullrich, M., & Tremmel, M. (angenommen). Lehrkräftefortbildung zu Augmented Reality-Experimenten im Physikunterricht. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Eds.), *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2022*
- Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. *MNU*, 63 (7), 388-392
- Gilbert, J.K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Cham: Springer International Publishing
- Gobert, J.D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B.C., Levy, S.T., & Wilensky, U. (2011). Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education*, 33 (5), 653-684
- KMK (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München, Neuwied: Luchterhand
- KMK (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ – Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017*. <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Krüger D., Kauertz A., & Upmeyer zu Belzen A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Cham: Springer, 141 – 157
- Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054
- Oh, P.S., & Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33 (8), 1109-1130
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18 (6), 1533-1543
- 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
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020). How augmented reality enhances typical classroom experiments: examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55 (6), 065029. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9>
- Thiele, M., Mikelskis-Seifert, S., & Wünsch, T. (2005). Modellieren - Schlüsselfähigkeit für physikalische Forschungs- und Lernprozesse. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1 (4), 30-46
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25 (1), 115-129
- Winkelmann, J., Freese, M. & Strömmer, T. (2021). Schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht – Die Perspektive von Schüler\*innen. *Progress in Science Education*