

**Digitale Kompetenz beim Modellieren
und Experimentieren im Physikunterricht**Entwicklung eines Fortbildungskonzepts zur Implementierung
von Augmented Reality im Physikunterricht**Mareike Freese*, Jan Winkelmann*, Albert Teichrew*, Mark Ullrich+**

*Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Didaktik der Physik

+Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Psychologie

freese@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Im Physikunterricht ist das Arbeiten mit Modellen ein wesentlicher Bestandteil der Erkenntnisgewinnung, doch Schüler*innen bereitet das abstrakte Modellieren häufig Schwierigkeiten [1]. Mithilfe des Ansatzes der Augmented Reality (AR) können diese Schwierigkeiten durch die Kombination aus realem Experimentieren und gleichzeitigem, digitalen Modellieren möglicherweise überwunden werden.

Da Lehrkräfte ihre eigenen digitalen Kompetenzen häufig als unzureichend einschätzen [2], wird im Rahmen des Projektes „diMEx“ ein Aus- bzw. Fortbildungskonzept für (angehende) Lehrkräfte entwickelt, in welchem die Nutzung von AR im experimentierbasierten Physikunterricht vermittelt werden soll. Das Konzept soll langfristig in die universitäre Ausbildung eingebunden werden und dient der Vernetzung der drei Phasen der Lehrkräfteausbildung.

Das Projekt geht den Fragen nach, inwiefern sich Digitalisierungs- und Modellkompetenzen von (angehenden) Lehrkräften in einer Fort- und Ausbildung fördern lassen und wie die beschriebene Nutzung von AR den Umgang mit Modellen im Physikunterricht verbessern kann. Weiterhin wird erforscht, inwiefern sich die Einstellungen der Lehrkräfte hinsichtlich der Implementierung digitaler Modellierungen in ihrem Unterricht verändern. Die anhand einer quantitativen Bedarfsanalyse entwickelte Fortbildung erstreckt sich über mehrere Veranstaltungen und orientiert sich am DOIT-Modell [3]. Die geplante summative Evaluation wird nach dem Mixed-Methods-Ansatz erfolgen und sowohl quantitative als auch qualitative Elemente umfassen.

1. Theoretischer Hintergrund**1.1. Digitale Medienkompetenz**

Medienkompetenz zählt neben Selbstkompetenz, Inhaltskompetenzen und domänenübergreifenden Kompetenzen zu den vier Bereichen, die in Wissensgesellschaften eine erfolgreiche Teilhabe ermöglichen [4]. Für die Schule wurde dies auch von der Kultusministerkonferenz (KMK) festgelegt, die „den Erwerb und die fortlaufende Erweiterung von Medienkompetenz“ [5] in den Schulen vorsieht. Da heute besonders digitale Medien in der Lebenswelt der Schüler*innen präsent sind und fest in deren Alltag integriert sind, ist ihre Bedeutung für die Schule ebenfalls gestiegen. Obwohl Kinder und Jugendliche als sogenannte „Digital Natives“ mit digitalen Medien aufwachsen und im privaten Bereich kompetent und intuitiv damit umgehen [4], müssen Lehrkräfte in der Lage sein, die Medienkompetenz von Schüler*innen über den Unterhaltungssektor hinaus zu fördern. Die ursprüngliche Definition der Medienkompetenz bezieht sich im modernen Unterricht daher auf den Umgang mit digitalen Medien und Werkzeugen. Auch Lehrkräfte müssen über entsprechende Kompetenzen verfügen, was sie vor neue

Herausforderungen stellt, welche einen Platz in der Lehrkräfteausbildung einnehmen müssen. Die erforderlichen Fertigkeiten für den Umgang mit digitalen Werkzeugen und die Erzeugung multimedialer Informationen werden ICT-Skills (information communication technology) genannt [6].

1.2. Modellkompetenz

Modelle nehmen in der naturwissenschaftlichen Forschung eine zentrale Bedeutung ein. Dabei können Modelle aus zwei Perspektiven betrachtet werden: sie sind sowohl Medien als auch Arbeitsweisen der Naturwissenschaft [7]. Auch im schulischen Kontext spielen Modelle eine Rolle, ihr Verständnis soll daher explizit zum Gegenstand im Physikunterricht gemacht werden [8]. Modelle werden dem Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung zugeordnet, welcher als einer von vier Kompetenzbereichen in den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz festgelegt ist [9]. Studien zeigen jedoch, dass die Modellkompetenz bei Lehrenden und Lernenden ausbaufähig ist [1] und das Modellverständnis häufig nicht über eine naive 1:1-Relation zwischen Original und Modell hinausgeht [7].

1.3. Augmented Reality

Mithilfe von Augmented Reality (kurz AR, engl. erweiterte Realität) können reale Umgebungen um eine virtuelle Komponente digital ergänzt werden, indem visuelle Informationen eine bewegte Kameraaufnahme in Echtzeit überlagern. AR fügt sich damit in das Spektrum der Mixed Reality [10] ein, welches sich von einer realen Umgebung über die erweiterte Realität und die erweiterte Virtualität zu einer vollständig virtuellen Umgebung erstreckt.

AR kommt in vielen Domänen zum Einsatz, beispielsweise in der Werbung, bei Spielen oder in der Navigation, jedoch auch in der Forschung und in der Medizin [11]. Im Bildungsbereich gibt es eine vielversprechende Anwendung: mithilfe von AR als digitalem Werkzeug können reale Situationen um virtuelle Informationen erweitert werden, wodurch abstrakte Konzepte einen erkennbaren Alltagsbezug erhalten und leichter verständlich werden [12]. Auf diese Weise können im Physikunterricht reale Experimente mit dynamischen Modellierungen überlagert werden. Eine Möglichkeit diese Art von digitalisierten Experimenten umzusetzen (sog. AR-Experimente), bietet die App GeoGebra 3D Grafikkalculator. Mit einem Smartphone oder Tablet lassen sich die in GeoGebra erstellten Modelle aufrufen, ohne Marker auf jede beliebige Fläche einblenden und mit Wischgesten sowie Schieberegler an das Experiment anpassen [13, 14]. Des Weiteren wird AR für die Übertragung und Visualisierung von Echtzeit-Messdaten genutzt [15]. Allerdings findet hier kein Vergleich von realen und virtuellen Inhalten statt, was für die Förderung der Modellkompetenz notwendig erscheint.

Mögliche Bedenken bezüglich der Arbeit mit AR-Experimenten können im Kontext der Cognitive Load Theory (CLT) geäußert werden [16]. So kann es in der Anwendung von AR beim Experimentieren zu einem höheren extraneous cognitive load kommen, da in diesem Fall mehr Objekte die Aufmerksamkeit der Lernenden erfordern als bei einem rein realen Experiment. Allerdings besteht die Durchführung eines AR-Experiments aus mehreren Phasen [14], welche getrennt voneinander ausgeführt werden. Zuerst arbeiten die Lernenden nur mit dem Modell auf virtueller Ebene, danach folgt die Durchführung des Experiments mit seinen realen Inhalten. Erst im Anschluss daran wird das Experiment von der virtuellen Ebene überlagert und dadurch um die Modellierung erweitert, womit reale und virtuelle Inhalte verglichen werden. Auf diese Weise wird der extraneous cognitive load niedrig gehalten [17].

2. Forschungsfragen

Im Rahmen einer Fortbildung für (angehende) Lehrkräfte sollen deren Digitalisierungs- und Modellkompetenzen gefördert werden. Dabei soll außerdem der Frage nachgegangen werden, welche Unterstützung sich die Teilnehmer*innen bei der

Nutzung digitaler Modellierungswerkzeuge in ihrem Physikunterricht erhoffen. Des Weiteren wird erforscht, inwiefern eine Kombination von realen Experimenten mit digitalen Modellierungen in einer AR-Umgebung zu einem verbesserten Umgang mit Modellen im Physikunterricht beiträgt, und ob die Reflexion über den Konstruktionsprozess von Modellen deren Implementierung im Unterricht begünstigt. Diesbezüglich werden auch affektiv-motivationale Merkmale der Teilnehmer*innen untersucht.

3. Methodisches Vorgehen

Insgesamt orientiert sich das Projekt am DOIT-Modell nach Horz und Schulze-Vorberg [3]. Dieses bildet einen Rahmen für die Integration von digitalen Lehr- und Lernprozessen in die Hochschullehre, es kann aber auch auf die Schule angewandt werden. Es beinhaltet die Bereiche Didaktik, Organisation, Individuum und technische Infrastruktur. Bezogen auf den Physikunterricht sieht das Modell zunächst die didaktische Einbettung von Experimentieren und Modellieren in den Physikunterricht vor. Die organisatorischen Bedingungen von Unterricht und Schule, die individuellen Merkmale der Teilnehmer*innen sowie die technische Infrastruktur vor Ort an den Schulen müssen schließlich bei der Realisierung der Fortbildung berücksichtigt werden.

Bei der wissenschaftlichen Begleitung des Projektes wird ein Mixed-Methods Ansatz verfolgt. Die Befragung zur Bedarfsanalyse und Einstellungen der Lehrkräfte gegenüber digitalen Medien und deren Einsatz im Unterricht erfolgt quantitativ, jedoch wird im Laufe der Fortbildung auch eine qualitative Befragung zu mehreren Messzeitpunkten stattfinden. In diesem Zusammenhang ist geplant, die Entwicklung der ICT-Skills, der Selbstwirksamkeitserwartung und der Überzeugungen zum Einsatz von digitalen Medien im schulischen Unterricht der (angehenden) Lehrkräfte längsschnittlich zu erfassen. Die summative Evaluation wird schließlich quantitativ erfolgen.

Das Projekt „diMEx“ ist ein Teilprojekt des fächer- und phasenvernetzenden Projekts „Digi_Gap – Digitale Lücken in der Lehrkräftebildung schließen“, welches durch digitalisierte Lehr- und Lernangebote die Lehrkräftebildung systematisch und nachhaltig verbessern soll [18].

3.1. Bedarfsanalyse

Im Vorfeld der Fortbildungsplanung wird eine Bedarfsanalyse durchgeführt, in der Physiklehrkräfte, Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst und Lehramtsstudierende mithilfe eines Online-Fragebogens zu ihren Erfahrungen mit und Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Physikunterricht befragt werden. Im Rahmen dieser Bedarfsanalyse wird konkret nach der Nutzung digitaler Werkzeuge gefragt, um einen strukturierten Überblick über die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte

zu erhalten. Auf der Grundlage dieses Fragebogens können interessierte Lehrkräfte als Teilnehmer*innen für die Fortbildung rekrutiert werden.

3.2. Fortbildungen für Lehrkräfte

Lehrkräftefortbildungen als sogenannte dritte Phase der Lehrkräftebildung bieten praktizierenden Lehrenden eine Möglichkeit, sich mit wachsenden Herausforderungen ihrer beruflichen Tätigkeit auseinanderzusetzen und sich neuen Anforderungen zu stellen [19]. Im Rahmen des Projekts „diMEx“ wird daher anhand der Bedarfsanalyse eine Fortbildung anhand bereits bewährter Grundsätze [20, 21, 22] entwickelt, welche die teilnehmenden (angehenden) Lehrkräfte mit der grundlegenden Nutzung einer digitalen Modellbildungssoftware (z.B. GeoGebra) vertraut machen soll. Über eine Dauer von etwa zehn Veranstaltungen im Laufe eines Jahres werden dabei theoretische Anwendungen mit praktischen Erprobungsphasen verknüpft. Dabei liegt der Fokus nicht auf der richtigen Bedienung von digitalen Werkzeugen wie Tablets, sondern deren didaktisch sinnvollem Einsatz bei der Nutzung von (selbstentwickelten) AR-Anwendungen.

Inhaltlich wird sich die Fortbildung an aktuellen Forschungen der Physikdidaktik orientieren, beispielsweise dem Elektronengasmodell in Stromkreisen [23] oder modellierte Lichtwege in der Optik [24, 25]. Diese Modelle werden dann exemplarisch in einer digitalen Lernumgebung mithilfe von AR implementiert und für den experimentierbasierten Unterricht aufbereitet. Es wird sich dabei einer Unterrichtsstruktur bedienen, die ein Lernen mit Modellen und Experimenten in einem gemeinsamen Problemlöseprozess ermöglicht [26].

Die erdachten Unterrichtskonzepte werden von den Teilnehmer*innen dann zwischen den Terminen in ihrem Physikunterricht erprobt, um die praktische Anwendung anschließend in der Fortbildung zu reflektieren und zu optimieren.

4. Erwartete Ergebnisse

Das geplante Projekt „diMEx“ fokussiert zwei verschiedene Themenschwerpunkte. Einerseits sollen die Kompetenzen von Lehrkräften hinsichtlich digitalisierten Lehrens und Lernens erfasst werden, zum anderen sollen digitalisierte Lernkontexte in der Lehrkräfteausbildung geschaffen werden.

Bezüglich des ersten Themenschwerpunkts wird eine Steigerung der digitalen Kompetenz bei den Teilnehmer*innen der Fortbildung erwartet. Durch die gezielte Schulung des Umgangs mit digitalen Werkzeugen erhoffen sich die Fortbilder*innen, dass die (angehenden) Lehrkräfte neue Möglichkeiten und Medien kennenlernen und ihre ICT-Skills ausbauen. Die vor Beginn, während und nach Abschluss der Fortbildung erfassten Kompetenzen sollen sich demnach bei den Teilnehmer*innen verbessern, was sich letztlich auch auf ihre Selbstwirksamkeit auswirken soll.

Auch die Modellkompetenz der Teilnehmer*innen soll gesteigert werden, da durch die Verknüpfung der beiden Erkenntnisprozesse Experimentieren und Modellieren mithilfe der Augmented Reality die Abstraktheit des Modells reduziert wird und das Experiment auf einer neuen Ebene in den Fokus gerückt wird. Zusätzlich sollen der Konstruktionsprozess der Modelle sowie die dafür notwendigen Idealisierungen reflektiert werden, was ebenfalls zu einer gesteigerten Modellkompetenz beitragen soll. Bezogen auf die schulische Praxis soll die Fortbildung zu einer gesteigerten Bereitschaft führen, Modellierungen mithilfe digitaler Werkzeuge im Physikunterricht zu implementieren.

Nach Abschluss des Projekts ist das angestrebte Ergebnis ein erprobtes Fortbildungskonzept, welches (angehende) Lehrkräfte dazu befähigt, mithilfe von digitalen Werkzeugen in AR-Umgebungen Experimentieren mit Modellieren didaktisch zu verknüpfen. Langfristig ist geplant, das entwickelte Fortbildungskonzept auch curricular in die universitäre Lehramtsausbildung einfließen zu lassen. Auf diese Weise werden die drei Phasen der Lehrkräftebildung (Studium, Vorbereitungsdienst und Lehrkräftefortbildung ausgebildeter Lehrkräfte) miteinander verknüpft und ein Praxistransfer ist unmittelbar gegeben.

5. Ausblick

Die entwickelten AR-Lernumgebungen sollen als Open Educational Resources (OER) langfristig zur Verfügung gestellt werden. Als OER bezeichnet man jene Lehr- und Lernmaterialien, welche als Public Domain öffentlich oder lizenzfrei und kostenlos verfügbar sind [27]. Sie machen damit Bildung für viele Menschen frei zugänglich, in der Regel über digitale Plattformen, und stammen sowohl von Institutionen als auch von privaten Nutzer*innen. Auch die in der „diMEx“-Fortbildung entwickelten Lehrmaterialien können als OER vielen Lehrkräften als Inspiration oder Vorlage dienen.

6. Literatur

- [1] Fruböse, Christian (2010): Der ungeliebte Physikunterricht. Ein Blick in die Fachliteratur und einige Anmerkungen aus der Praxis. In: MNU, 63, 7, S. 388-392.
- [2] Initiative D21 e. V. (2016): Sonderstudie „Schule Digital“. Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte. URL: https://initiated21.de/app/uploads/2017/01/d21_schule_digital2016.pdf (Stand 4/2020).
- [3] Horz, Holger; Schulze-Vorberg, Lukas (2017): Digitalisierung in der Hochschullehre. In: Konrad Adenauer Stiftung (Hrsg.): Digitale Gesellschaft – Gestaltungsräume, S. 57-71, URL: http://www.kas.de/wf/doc/kas_50782-544-1-30.pdf?171123080940 (Stand 2/2019).
- [4] Horz, Holger; Heckmann, Carmen (2017): Digital Citizenship und die Rolle

- computerbasierter Medien beim lebenslangen Lernen. In: Dick, Michael et al. (Hrsg.): Handbuch Professionsentwicklung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt/ UTB.
- [5] Hessisches Kultusministerium (2019): Praxisleitfaden Medienkompetenz – Bildung in der digitalen Welt. URL: https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/praxisleitfaden_medienkompetenz.pdf (Stand 4/2020).
- [6] Wenzel, S. Franziska C. et al. (2016): Computergestützte, adaptive und verhaltensnahe Erfassung informations- und kommunikationstechnologiebezogener Fertigkeiten (ICT-Skills) (CavE-ICT). In: Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.): Forschungsvorhaben in Anknüpfung an Large-Scale-Assessments (Bildungsforschung, Band 44, Stand August 2016, S. 161-180). Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung Referat Bildungsforschung. URL: https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Bildungsforschung_Band_44.pdf#page=163 (Stand 5/2020).
- [7] Meisert, Anke (2008): Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. In: ZfDN, 14, S. 245-261.
- [8] Winkelmann, Jan (2019): Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht. In Grötzebach, Helmuth & Nordmeier, Volkhard (Hrsg.): PhyDid, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1 (2019), S. 227-231.
- [9] Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2005): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München, Neuwied: Luchterhand. URL: <https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards.html> (Stand 5/2020).
- [10] Milgram, Paul et al. (1994): Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Proceedings of Telemanipulator and Telepresence Technologies 2351, 34, S. 282-292.
- [11] Carmigniani, Julie; Furht, Borko (2011): Augmented Reality: An Overview. In: Furht, Borko (Hrsg.): Handbook of Augmented Reality. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 3-46.
- [12] Bloxham, Judy (2014): Augmented Reality Learning. In: ItNow, 56, 3, S. 44-45.
- [13] Teichrew, Albert; Erb, Roger; Wilhelm, Thomas; Kuhn, Jochen (2019): Elektrostatische Potentiale und Felder im GeoGebra 3D Grafikrechner. In: Physik in unserer Zeit, 50, 5, S. 254-255.
<https://doi.org/10.1002/piuz.201970513>
- [14] Teichrew, Albert; Erb, Roger (2020): Einsatz und Evaluation eines Augmented Reality-Experiments zur Optik. In: Habig, Sebastian (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, S. 987-990.
- [15] Kapp, Sebastian; Thees, Michael; Strzys, Martin P.; Beil, Fabian; Kuhn, Jochen; Amiraslanov, Orkhan et al. (2019): Augmenting Kirchhoff's laws: Using augmented reality and smartglasses to enhance conceptual electrical experiments for high school students. In: The Physics Teacher, 57, 1, S. 52-53.
- [16] Sweller, John; Ayres, Paul; Kalyuga, Slava (2011): Cognitive Load Theory. Dordrecht: Springer.
- [17] Thees, Michael; Kapp, Sebastian; Strzys, Martin P.; Beil, Fabian; Lukowicz, Paul; Kuhn, Jochen (2020): Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. In: Computers in Human Behavior, 108.
- [18] Projektbeschreibung auf der Website von Digi_Gap. URL: <https://www.uni-frankfurt.de/87779603/> (Stand 5/2020).
- [19] Aldorf, Anna-Maria (2016): Lehrkooperation und die Effektivität von Lehrerfortbildung. Dissertation, Pädagogische Hochschule Freiburg. Wiesbaden: Springer VS.
- [20] Polly, Drew et al. (2015): Professional Development Schools and Transformative Partnerships. Hershey, PA: IGI Global.
- [21] Darling-Hammond, Linda; Hyler, Maria E.; Gardner, Madelyn (2017): Effective Teacher Professional Development. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute. URL: https://learningpolicyinstitute.org/sites/default/files/product-files/Effective_Teacher_Professional_Development_REPORT.pdf (Stand 6/2020).
- [22] Arnold, Peter (2018): Gelingensbedingungen von Lehrer*innenfortbildung zum Einsatz digitaler Medien in der Schule. In: Krömker, Detlef; Schröder, Ulrik (Hrsg.): Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik. Bonn: Köllen, S. 129-140.
- [23] Burde, Jan-Philipp (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos.
- [24] Erb, Roger (2016): Optik mit GeoGebra. Berlin: De Gruyter.
- [25] Erb, Roger; Teichrew, Albert (2020): Geometrische Optik mit GeoGebra. In: NiU Physik, 31, 175, S. 24-28.

- [26] Teichrow, Albert; Erb, Roger (2018):
Implementierung modellbildender
Lernangebote in das physikalische Praktikum.
In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur
DPG-Frühjahrstagung, 1 (2018), S. 269-275.
- [27] Butcher, Neil (2015): Understanding Open
Educational Resources. Commonwealth of
Learning (Hrsg.). URL:
http://oasis.col.org/bitstream/handle/11599/1013/2015_Butcher_Moore_Understanding-OER.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Stand
5/2020).

Förderung

Das Projekt „diMEx – Digitale Kompetenz beim Modellieren und Experimentieren im Physikunterricht“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.