

Antonia Kirchhoff¹
 Josia Hoppmann¹
 Stefanie Schwedler¹

¹Universität Bielefeld

Lehren mit Simulationen für Chemie-Lehramtsstudierende

Ausgangslage

Im Zuge der digitalen Transformation der Bildungslandschaft sind digitalisierungsbezogene Kompetenzen für Lehrkräfte ein integraler Teil ihres unterrichtlichen Wirkens (KMK, 2016; Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2020). Entgegen der Annahme, junge Lehrkräfte brächten diese Kompetenzen als *digital natives* bereits mit, fehlt es insbesondere Lehramtsstudierenden nachweislich an Affinität für das Arbeiten im digitalen Raum (Vogelsang et al., 2019). Damit steht die universitäre Lehramtsausbildung vor der Aufgabe, angehende Lehrer*innen in der digital gestützten Lehre auszubilden. Entsprechend wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Kompetenzmodelle entwickelt. Dabei kann zwischen allgemeinpädagogischen Modellen einerseits (vgl. z. B. TPaCK-Modell und DigiCompEdu) und spezifisch für Lehrkräfte in den Fächern der Naturwissenschaften entwickelten Modellen andererseits (vgl. DiKoLAN, Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften; Becker et al., 2020) unterschieden werden. Der DiKoLAN-Rahmen zeigt sieben Kompetenzbereiche auf, die jeweils in Übereinstimmung mit dem TPaCK-Modell (Mishra & Koehler, 2006) in konkrete Kompetenzanforderungen aufgeteilt sind. Die Kompetenzbereiche selbst werden in allgemeinere und fachspezifischere Kompetenzen unterschieden.

Zu den fachspezifischeren Kompetenzen gehört der Bereich *Simulation und Modellierung*, welcher eine besondere Anschlussfähigkeit an die Chemie aufweist. Diese ergibt sich für den Chemieunterricht dabei aus einer dualen Perspektive: Einerseits können modellbasierte Simulationen aus didaktischer Sicht dazu genutzt werden, komplexe Systeme besser zu verstehen (Landriscina, 2014; Schwedler & Kaldewey, 2019). Sie können dabei sowohl zur Visualisierung der notorisch schwer zugänglichen submikroskopischen Ebene (Johnstone, 2000) dienen als auch als Instrumente der Erkenntnisgewinnung dazu genutzt werden, Hypothesen zu testen, Phänomene zu erklären oder Voraussagen für das Verhalten auf makroskopischer Ebene zu machen. Damit eignen sie sich insbesondere zur Vermittlung chemischer Inhalte im Unterricht. Diese Perspektive kann als Lernen *mit* Simulationen bezeichnet werden.

Darüber hinaus müssen Schüler*innen in der epistemologischen Einordnung von Simulationen und ihren Ergebnissen geschult werden (Seoane, Greca & Arriasecq, 2022). Dabei müssen sie verstehen, wie Simulationen epistemologisch funktionieren. Aus dieser Metaperspektive auf Simulationen heraus können sie als mündige Bürger*innen an aktuellen Diskursen teilnehmen. Für solche gewinnen Simulationen derzeit zunehmend an Relevanz; Simulationsergebnisse werden vielfach als Grundlage politischer Entscheidungen genutzt. So prägen die aus Simulationen gewonnenen Daten den Diskurs zu Themen der aktuellen Klimaforschung entscheidend mit. Um diese reflektierende Position einnehmen zu können, braucht es Lehrkräfte, die den Blickwinkel der *scientific literacy* kennen und in ihre Unterrichtsgestaltung übernommen haben. Diese Perspektive kann als Lernen *über* Simulationen bezeichnet werden.

Zusammengenommen müssen Lehramtsstudierende der Chemie also sowohl im didaktisch versierten Einsatz computerbasierter Simulationen als auch in der epistemologischen Interpretation dieser im Hinblick auf die Vermittlung von *scientific literacy* ausgebildet werden. Diese Ausbildung soll schwerpunktmäßig an der Universität Bielefeld in einer eigens entwickelten Lehrveranstaltung vorgenommen werden, die im Rahmen der Lernwerkstatt „ChemieDidaktikDigital“ konzipiert wird.

Die Lernwerkstatt „ChemieDidaktikDigital“

Zielsetzung und Fragestellung

Im Rahmen des universitätsweiten Projekts BiLinked (Bielefelder Lehrinnovationen für kollaborative Entwicklung digitaler Lehr-/Lernformate) wird in der Chemiedidaktik eine Lehrveranstaltung zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen angehender Chemielehrkräfte im Bereich *Präsentation* und *Simulation und Modellierung* entwickelt. Ziel der Lernwerkstatt ist es, die Professionalisierung der Studierenden durch projektbasiertes Lernen um die Facette digitalisierungsbezogener Kompetenzen zu erweitern (Meier et al., 2021, S. 184). Kern der Lehrveranstaltung sind digitale Lerneinheiten, die von den Studierenden selbstgeleitet genutzt werden können. In Bezug auf den Forschungsschwerpunkt des Lernens über Simulationen werden die folgenden Fragen in den Blick genommen:

- Wie kann die Simulations- und Modellierungskompetenz von Lehramtsstudierenden der Chemie gefördert werden?
- Inwiefern verändert sich das Modellverständnis von Simulationen durch die Bearbeitung digitaler Selbstlerneinheiten?

Methodik und design based research

Die Lerneinheiten werden dem *design based research*-Konzept folgend (u.a. Wilhelm & Hopf, 2014) konzipiert und evaluiert. Diese Methode bietet sich zur Entwicklung des Lehrkonzeptes besonders an, um dem Theorie-Praxis-Problem der Designforschung zu entgehen und lehrpraktische Relevanz mit aktuellen Forschungserkenntnissen zu verbinden. Gleichzeitig leistet die in aufbauende Iterationszyklen unterteilte Struktur die Möglichkeit, die Konzeptentwicklungen einer systematisch-empirischen Prüfung zu unterziehen und dabei sukzessive zu verbessern (Wilhelm & Hopf, 2014).

Die allgemein-konzeptionelle Entwicklung erfolgte mit Projektbeginn im Wintersemester 2021/22 angelehnt an die Schritte zur Gestaltung von *e-learning*-Modulen (Arnold et al., 2015) und vor dem Hintergrund gestalterischer Überlegungen der Multimedia-theorie (Mayer, 2017). Es entstanden Lerneinheiten zu den Bereichen *Präsentieren* und *Simulationen*. Die Lerneinheit zum Lernen über Simulationen soll durch eine Interviewstudie im Prä-Post-Design evaluiert werden. Ein problemzentriertes Interview wird dabei durch *concept maps*, die als Erhebungsinstrument genutzt werden, ergänzt.

Die Konzeption der Lerneinheit

In diesem Abschnitt wird die konkrete Entwicklung, Ausgestaltung und Evaluation am Beispiel der Lerneinheit zum Lernen über Simulationen vorgestellt, die ihren Fokus auf der epistemologischen Interpretation von Simulationen im naturwissenschaftlichen Forschungszusammenhang hat. Die Auswahl und Zusammenstellung der in den Einheiten vermittelten In-

halte erfolgte nach intensiver Recherche fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Erkenntnisse (u.a. Terzer & Upmeyer zu Belzen, 2008; Winsberg, 2010; Grüne-Yanoff & Weirich, 2010; Rost & Knuuttila 2022). Themenübergreifend sind die Einheiten aus drei aufeinander aufbauenden Abschnitten zusammengesetzt:

Im ersten Abschnitt erfolgt eine erste Einleitung in das jeweilige Thema der Lerneinheit. Mittelpunkt dieses ersten Abschnitts ist ein sogenanntes *advance organizer*-Video (AO-Video; Hoppmann, 2022). Dabei handelt es sich um eine Verbindung der *advance organizer*-Konzeption nach Ausubel (1960) mit der Konzeption eines Erklärvideos. Durch das AO-Video erhalten die Studierenden die Möglichkeit, eine bereits früh im Erkenntnisprozess vermittelte Expert*innenstruktur aufzubauen, um die im Anschluss vermittelten Inhalte anschlussfähiger zu machen. In der Einheit zum Lernen über Simulationen wird ihnen ein Überblick in fünf Inhaltsblöcke (*Definition von Simulationen, Verhältnis zur Realität, Funktionen in der Wissenschaft, Wissenschaftliche Güte und Gesellschaftliche Relevanz*) gegeben.

Der zweite Abschnitt dient dazu, die verschiedenen Inhaltsblöcke des AO-Videos zu vertiefen und die aufgebaute Expert*innenstruktur zu nutzen, um sie mit Inhalt zu füllen (vgl. Abb.1). Die Vertiefung ist dabei durch eine hohe inhaltliche Wahlfreiheit gekennzeichnet.

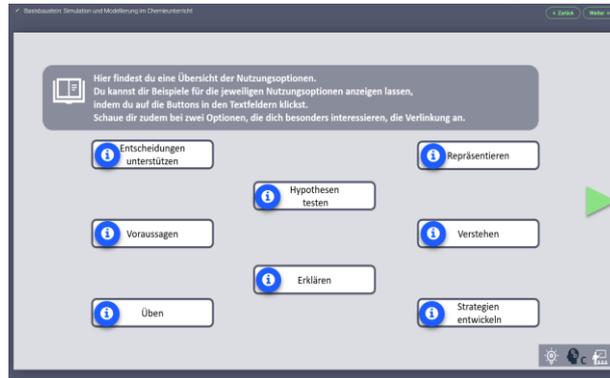


Abb. 1: Vertiefungsaufgabe zum Block „Funktionen in der Wissenschaft“.

Im dritten Abschnitt haben die Studierenden die Möglichkeit, sich an einer ersten Anwendung des erworbenen Wissens im unterrichtlichen Kontext zu versuchen. In der Lerneinheit zum Lernen über Simulationen sollen sie eine PhET-Simulation (PhET, 2022) hinsichtlich ihres Modellcharakters analysieren und dabei beispielsweise arbiträre Designentscheidungen von bewusst dem Ausgangssystem nachempfundenen Elementen unterscheiden.

Pilotierung und Ausblick

In einem ersten Erhebungszyklus wurde die *usability* der Lerneinheitskonzeption im Rahmen einer *think aloud*-Erhebung pilotiert (N=7; Stumpenhagen, 2022). Die Ergebnisse der *usability*-Untersuchung deuten auf geringe Schwierigkeiten in der Interaktion mit der digitalen Lernumgebung hin. Dem *design based research*-Konzept folgend, wurden die sich aus der Pilotierung ergebenden Hinweise zur Überarbeitung umgesetzt. Auch der Einsatz von *concept maps* als Erhebungsinstrument wurde pilotiert.

Zukünftig wird die entsprechend überarbeitete Einheit zur Epistemologie von Simulationen („Lernen über Simulationen“) in einer qualitativen Interviewstudie im Prä-Post-Design erhoben. Dabei wird die zentrale Fragestellung nach dem Einfluss der Lerneinheitbearbeitung auf

das Modellverständnis von Simulationen und die Veränderung der Interpretation von Simulationen als epistemologische Instrumente in den Blick genommen. Zusätzlich werden derzeit aufbauende Lerneinheiten entwickelt, die von den Studierenden noch selbstgeleitet genutzt werden können und sie bei der Gestaltung eigenen Unterrichts unterstützen.

Literatur

- Arnold, P., Kilian, L., Thillosen, A. & Zimmer, G. M. (2015), Handbuch E-Learning – Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Bielefeld: Bertelsmann.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267–272.
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, 14 – 43.
- Grüne-Yanoff, T. & Weirich, P. (2010). The Philosophy and Epistemology of Simulation: A Review. *Simulation & Gaming*, 41(1), 20–50.
- Hoppmann, J. (2022). Qualitätskriterien für ein Advance-Organizer-Video. Bielefeld: Unveröffentlichte Bachelorarbeit.
- Johnstone, A. H. (2000). Chemical Education Research: Where from here? *University Chemistry Education* 4 (1), 34 – 38.
- Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018*. Universität Regensburg.
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and learning: A model-centered approach*. New York, Heidelberg: Springer.
- Maxton-Küchenmeister, J. & Meßinger-Koppelt, J. (2020). Digitale Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium: Eine Einführung. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, 4-7.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403–423.
- Meier, M., Thyssen, C., Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Kremser, et al. (2021). Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – Beschreibung und Messung von Kompetenzziele der Studienphase im Bereich Präsentation. In *Bildung in der digitalen Transformation*; Wollersheim, H.-W., Pengel, N., Eds.; Münster: Waxmann, 185–190.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017–1054.
- PhET (2022). Website der Initiative “PhET interactive simulations”. URL: <https://phet.colorado.edu/de/> [17. 10. 22].
- Rost, M. & Knuutila, T. (2022). Models as Epistemic Artifacts for Scientific Reasoning in Science Education Research. *Education Sciences*, 12(4), 276.
- Schwedler, S. & Kaldewey, M. (2020). Linking the submicroscopic and symbolic level in physical chemistry: how voluntary simulation-based learning activities foster first-year university students’ conceptual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1132–1147.
- Seoane, M. E., Greca, I. M. & Arriasec, I. (2022). Epistemological aspects of computational simulations and their approach through educational simulations in high school. *SIMULATION*, 98(2), 87–102.
- Stumpenhagen, S. (2022). Analyse gestalterischer Kriterien und Usability der digitalen Lerneinheit des Projekts *ChemieDidaktikDigital (CD₂)* zum Thema *Digitales Präsentieren mit Erklärvideos*. Bielefeld: Unveröffentlichte Masterarbeit.
- Terzer, E. & Upmeyer zu Belzen, A. (2007). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage von Modellkompetenz. *Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie der Universität Münster (IDB)*, 16, 33-56.
- 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. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). *Design-Forschung*. In *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, 31-42.
- Winsberg, E. B. (2010). *Science in the age of computer simulation*. Chicago: The Univ. of Chicago Pr.