

Lehrkräftefortbildungen zum Lernen mit Simulationen im teutolab-chemie

Ausgangslage: Angesichts der digitalen Transformation der Bildungslandschaft (Vogelsang, 2019, KMK, 2016) ist die Notwendigkeit der Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen für Schüler*innen und Lehrkräfte zu konstatieren (Vogelsang et al., 2019). Zudem bringen digitale Medien für den MINT-Unterricht einige potenzielle Mehrwerte zur Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen mit sich (Hillmayr et al., 2020; Chiu, 2021). Nach dem TPACK-Modell erfordert der sinnstiftende Einsatz digitaler Tools im Unterricht auf Seiten der Lehrkräfte die vernetzte Anwendung von technologischem, pädagogischem und fachinhaltlichem Wissen (Mishra & Köhler, 2006). Vor allem die vernetzte Aneignung dieser drei Wissensfacetten stellt Herausforderung und Chance (Mishra & Koehler, 2006) für eine erfolgreiche Integration digitaler Tools in den Naturwissenschaftsunterricht dar. Dies zeigt einen Bedarf an disziplinspezifischen Lehrkräftefortbildungen (Stinken-Rösner, 2021), welche durch die Komplexität der zu vermittelnden Inhalte hohen Ansprüchen genügen muss. Nach DiKoLAN (Becker et al., 2020) sind unter Anderem Kompetenzen im Bereich Simulationen und Modellierungen ein wichtiger Bestandteil des digital angereicherten Chemieunterrichts.

Simulationen im Chemieunterricht: Die Nutzung von Simulationen, insbesondere als Zugang zur submikroskopischen Ebene, spielt für den Chemieunterricht eine wichtige Rolle, um das Verständnis von komplexen chemischen Prozessen und Vielteilchensystemen zu verbessern (Orgill, 2019, Landriscina, 2013, Tinker, 2008). Entsprechend sind Simulationen im aktuellen Kernlehrplan NRW implementiert worden (MSB, 2022). Die Eigenschaften von Simulationen umfassen neben der Anschauung auch die flexible Nutzung in zeitlicher und räumlicher Dimension (Landriscina, 2013) und die Dynamik und Interaktivität zur Analyse komplexer Prozesse und Systeme. Simulationen werden von Landriscina (2009; 2013) als die am besten geeignete Instruktionmethode für solche Lernaufgaben, die die progressive Veränderung der mentalen Modelle von Lernenden erfordern, bezeichnet.

Trotz guter Verfügbarkeit von Simulationen auf dem Bildungsmarkt haben (angehende) Chemielehrkräfte meist wenig Erfahrung mit ihnen (Vogelsang, 2019) und nutzen Simulationen kaum im Unterricht (Eickelmann, 2019). Dies lässt ein fehlendes Vorwissen der Lehrkräfte im Bezug zum Lernen mit Simulationen annehmen. Insbesondere Lehrkräfte, welche sich bereits im Schuldienst befinden, müssen weitere Kompetenzen in der Gestaltung und Implementierung digitaler Lernsettings aufbauen (Huber et al., 2020).

Dabei erfordert der Einsatz modellbasierter Simulationen (wie der aller digitaler Tools) als wirkmächtige Lernmittel spezifische didaktische Kenntnisse (Becker et al., 2020) in der Planung und Umsetzung von Unterricht. So sollten die eingesetzten Simulationen den Prinzipien der *cognitive theory of multimedia learning* (CTML) (Mayer, 2014) entsprechen. Darüber hinaus sind die fachdidaktische Konzeption und Gestaltung des zugehörigen Lernwegs essentiell, weswegen hier auch der Fokus der didaktischen Forschung liegt (de Jong, 2010). So bedarf es Lernsettings, die sich an epistemischen Modellierungsschritten orientieren (Landriscina, 2013) und kognitives Engagement gezielt unterstützen (Chi & Wylie, 2014).

Das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen steht den meisten Lehrkräften zur Verfügung (Krauss & Bruckmaier, 2014), jedoch wird speziell im fachspezifischen Umgang mit digitalen Medien häufig zusätzliche Hilfe benötigt (Huwer et al., 2019). Zur Übermittlung dieser Kompetenzen und Ausbau der professionellen Expertise muss das Fortbildungsangebot der dritten Phase der Lehrkräftebildung ausgeweitet werden (Bonnes, Wahl & Lachner, 2022). Eine Lehrkräftefortbildung zum Lernen mit Simulationen stellt dem entsprechend eine notwendige Ergänzung dar.

Transferstarke Lehrkräftefortbildungen: Lehrkräftefortbildungen sind nicht per se lernwirksam, sondern müssen hohen inhaltlich-strukturellen und didaktischen Qualitätskriterien genügen, um einen nachhaltigen Transfer der zu vermittelnden Kompetenzen in die schulische Lehrpraxis zu unterstützen (Lipowski, 2013). Nach Lipowski (ebd) müssen dazu in der Gestaltung der Fortbildung insbesondere die Aneignungs- und Identifikationsprozesse der Lehrkräfte berücksichtigt werden. Als methodische Rahmung bieten sich projektbasierte Lehrformate (Krajcik & Blumenfeld, 2006) an, um den Lehrkräften ein tieferes Verstehen sowie authentische, praxisnahe Exploration relevanter Lehrpraktiken zu ermöglichen. In projektbasierten Lehrformaten loten die Teilnehmenden ein authentisches Problem in der Tiefe aus und erarbeiten kollaborativ und reflektierend Arbeitsprodukte, die das Ausgangsproblem adressieren, wobei das Lehrformat eine auf die Wünsche und Lernbedürfnisse der Teilnehmenden eingehende Teilhabe ermöglicht (Krajcik & Blumenfeld, 2006).

Mit Blick auf die Vermittlung schulischer Lehrpraktiken ist zudem ein geschützter, authentischer Lernort von Vorteil, in dem Lehrkräfte neue Lehrpraktiken explorieren können. Dafür bieten sich Schüler*innenlabore als Innovationsmotor in der Naturwissenschaftsdidaktik an (Euler & Schüttler, 2020). Schüler*innenlabore können sich schneller als formale Bildungsorte den Herausforderungen der digitalen Transformation stellen und bieten reichhaltige Erfahrung in der Förderung von Motivation und Interesse (Schüttler et al., 2021). Für Lehrkräfte bieten Schüler*innenlabore authentische, motivierende und innovative Lernsettings. Allerdings werden sie bisher meist in der ersten Phase der Lehramtsausbildung eingesetzt und sind als Ort für digitale Fortbildungen wenig erschlossen (Brüning et al., 2020).

Ziele des Projekts: Das Ziel des vom BMBF geförderten Projektes „LFB-labs-digital“ ist es, Schüler*innenlabore als Ort der Lehrkräftefortbildung systematisch zu erschließen. Dazu soll im Rahmen des Teilprojektes Chemie zum einen eine transferstarke Lehrkräftefortbildung zum Lernen mit Simulationen konzipiert werden, in der Lehrkräfte projektbasiert in multiprofessionellen Teams Lernsettings mit Simulationen für das Schüler*innenlabor teutolab-chemie entwickeln und diese mit ihren Schüler*innen erproben, reflektieren und auf den eigenen Unterricht übertragen.

Zum anderen sollen die Implementationsbarrieren wie didaktisches Wissen (TPACK), Selbstwirksamkeit und Akzeptanz bezüglich des Lernens mit Simulationen erforscht, sowie Gelingensbedingungen und Wirksamkeit der projektbasierten Lehrkräftefortbildung hinsichtlich des Praxistransfers ermittelt werden.

Konzept der Lehrkräftefortbildung: Bei der konzipierten Lehrkräftefortbildung handelt es sich um ein mehrtägiges Format, welches in unterschiedliche Phasen aufgeteilt wird. In Abbildung 1 werden die vier Phasen der Lehrkräftefortbildung schematisch dargestellt.

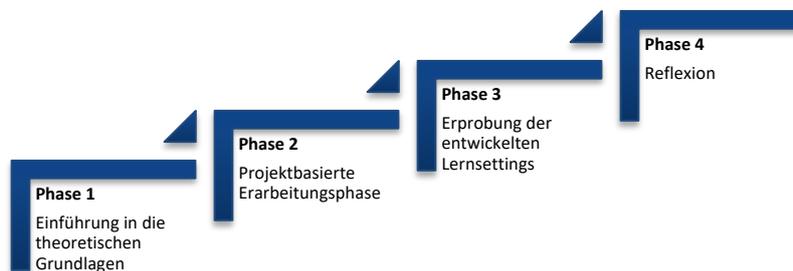


Abbildung 1: Darstellung der vier Phasen des Konzeptes der Lehrkräftefortbildung.

Zu Beginn der ersten Veranstaltung findet eine Einführung in das Thema Simulationen statt. Die Lehrkräfte erhalten thematische Inputs und erarbeiten die Grundlagen zum Lernen mit Simulationen. Bestandteile dieser Tagesstruktur sind plenare Phasen, individuelle Auseinandersetzungen und kollaborative Arbeit. Anschließend folgt die Phase des projektbasierten Lernens. Die Lehrkräfte arbeiten in multiprofessionellen Teams mit wissenschaftlichen Mitarbeitenden der Universität und Studierenden zusammen an der Implementation von Moleküldynamiksimulationen in ein Lernsetting des Schüler*innenlabors.

Nachdem die Lernsettings in der Phase des projektbasierten Lernens entwickelt wurden, werden diese selbst entwickelten Lernsettings mit den eigenen Schüler*innen im Schüler*innenlabor erprobt, getestet und individuell reflektiert. Als Abschluss der Fortbildung folgt die Reflexionsveranstaltung. Ziel dieses Tages ist ein Erfahrungsaustausch mit den Lehrkräften und den Lehrkräften untereinander, sowie die allgemeine Reflexion der entwickelten Lernsettings und der eventuellen Änderung der eigenen Haltung und Selbstwirksamkeit beim Lernen mit Simulationen.

Forschungsvorhaben: Die sequentielle Lehrkräftefortbildung wird nach dem Paradigma des *design-based-research* entwickelt und somit zyklisch evaluiert. Während der Fortbildung soll ermittelt werden welche Vorerfahrungen und welchen Wissensstand Lehrkräfte zum Einsatz von Simulationen im Chemieunterricht haben. Ein weiterer Fokus liegt auf dem Einfluss der Methode des projektbasierten Lernens auf die Überwindung der Implementationsbarrieren. Ein erstes Konzept wird im Januar 2024 mit Lehrkräften (N ca. 10) erprobt, anschließend optimiert und im Wintersemester 2024/25 erneut durchgeführt. Beide Interventionsiterationen werden durch quantitative Fragebögen (Prä-Post) und begleitende Einzelfallstudien (Interviews, Arbeitsergebnisse, teilnehmende Beobachtung, Gruppeninterviews) mit Follow-Up-Erhebung begleitet. Allgemeines Ziel ist die Erhebung von Akzeptanz, Selbstwirksamkeit und didaktischem Wissen (TPACK) der Lehrkräfte sowie der Implementationsbarrieren in Bezug zum Lernen mit Simulationen. Ebenfalls werden die Gelingensbedingungen der Fortbildung mit dem Fokus auf der Methode des projektbasierten Lernens evaluiert.

Literatur

- Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., & Thyssen, C. (2020). Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung.
- Bonnes, C., Wahl, J. & Lachner, A. (2022). Herausforderungen für die Lehrkräftefortbildung vor dem Hintergrund der digitalen Transformation. *ZfW*, 45:133–149.

- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H. & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch-konstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 13–26). Springer Spektrum.
- Chi, M.T.H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49 (4), 219–243.
- Chiu, W.-K. (2021). Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Education Sciences*, 11.
- de Jong, T. (2006) Computer simulations: Technological advances in inquiry learning. *Science* (80), 312 (5773), 532–533.
- Eickelmann, B. (2019). Lehrerfortbildung im Kontext der digitalen Transformation: Herausforderungen, Befunde und Perspektiven für eine zukunftsfähige Gestaltung des Bildungssystems. In B. Priebe, W. Böttcher, U. Heinemann & C. Kubina (Hrsg.), *Steuerung und Qualitätsentwicklung im Fortbildungssystem. Probleme und Befunde – Standardbildung und Lösungsansätze* (S. 208–228). Klett Kallmeyer.
- Euler, M., Schüttler, T. (2020). Schülerlabore. In: Kircher, E., Girwidz, R., Fischer, H. (eds) *Physikdidaktik | Methoden und Inhalte*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- Hillmayr, D., Zienwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers Education*, 153, 103897.
- Huber, S.G., Günther, P.S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J.A. & Pruitt, J. (2020). *COVID-19 – aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schulbarometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Waxmann.
- Krajcik, J.S., Blumenfeld, P.C. (2006). Project-Based Learning, In R.K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (S. 317–334). Cambridge University Press.
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and Learning: A Model-Centered Approach*. Springer VS.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). Welche Art von Fortbildung wirkt? In B. Jungkamp & M. Pfafferott (Hrsg.), *Was Lehrkräfte lernen müssen. Bedarfe der Lehrkräftefortbildung in Deutschland* (S. 19–38). Netzwerk Bildung.
- Mayer, R.E. (2014) Cognitive theory of multimedia learning, in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (eds Mayer, R.E.), Cambridge University Press, New York, 43–71.
- Mishra, P. & Köhler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Integrating Technology in Teachers' Knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017–1054.
- Orgill, M.K., York, S., und Mackellar, J. (2019) Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *J. Chem. Educ.*, 96 (12), 2720–2729.
- Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung. *Didaktik der Physik. Frühjahrstagung*.
- Schüttler, T., Watzka, B., Girwidz, R. & Ertl, B. (2021). Die Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse und die Relevanzwahrnehmung beim Besuch eines naturwissenschaftlichen Schülerlabors. *ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27, 109–125.
- Tinker, R.F., und Xie, Q. (2008) Applying Computational Science to Education: The Molecular Workbench Paradigm. *Comput. Sci. Eng.*, 10 (5), 24–27.
- 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 – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 115–129.

Förderhinweis:

Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die des Autors/der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wieder. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.