

## **Lehrkräfte über Simulationen fortbilden – Barrieren und Bedarfe**

### **Ausgangslage**

Angesichts des potenziellen Mehrwertes von digitalen Medien zur Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen (Hillmayr et al., 2020; Chiu, 2021) ist die Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen für Schüler\*innen und Lehrkräfte notwendig (Vogelsang et al., 2019). Um einen sinnstiftenden Einsatz digitaler Tools im Unterricht zu gewährleisten, müssen Lehrkräfte nach dem TPACK-Modell technologisches, pädagogisches und fachinhaltliches Wissen vernetzt anwenden (Mishra & Köhler, 2006). Dies stellt somit Herausforderung und Chance (Mishra & Köhler, 2006) für eine erfolgreiche Integration digitaler Tools in den Naturwissenschaftsunterricht dar. Unter anderem sind Kompetenzen im Bereich Simulationen und Modellierungen nach DiKoLAN (Becker et al., 2020) ein wichtiger Bestandteil des digital angereicherten Chemieunterrichts und zeigt einen Bedarf an disziplinspezifischen Lehrkräftefortbildungen (Stinken-Rösner, 2021), welche durch die Komplexität der zu vermittelnden Inhalte hohen Ansprüchen genügen muss.

### **Simulationen im Chemieunterricht**

Um das Verständnis von komplexen chemischen Prozessen und Vielteilchensystemen zu verbessern, spielt die Nutzung von Moleküldynamiksimulationen, insbesondere als Zugang zur submikroskopischen Ebene, für den Chemieunterricht eine wichtige Rolle (Orgill, 2019, Landriscina, 2013, Tinker, 2008). Entsprechend sind Simulationen im aktuellen Kernlehrplan NRW implementiert (MSB, 2022). Landriscina (2009; 2013) bezeichnet Simulationen zudem als am besten geeignete Methode für Aufgaben, welche eine progressive Veränderung der mentalen Modelle von Lernenden erfordern.

Chemielehrkräfte haben jedoch meist wenig Erfahrungen mit Simulationen (Vogelsang et al., 2019) und nutzen sie kaum in ihrem Unterricht (Eickelmann, 2019), obwohl sie auf dem Bildungsmarkt umfangreich verfügbar sind. Die Hinderungsgründe für den Einsatz digitaler Medien können zum Beispiel mangelnde Sicherheit im Umgang (Selbstwirksamkeitserwartung), oder eine mangelnde technische Ausstattung sein (Pietzner, 2009). Um die Implementationsbarrieren im Spezifischen beim Einsatz von Simulationen abbauen zu können, ist es notwendig die genauen Gründe zu kennen. Der Fokus der didaktischen Forschung lag allerdings bisher eher auf den Barrieren beim Einsatz digitaler Medien im Allgemeinen und Erkenntnisse zum Lernen mit Moleküldynamiksimulationen stehen noch aus.

Um Simulationen als wirkmächtige Lernmittel einsetzen zu können, werden spezifische didaktische Kenntnisse für die Planung und Umsetzung im Unterricht benötigt (Becker et al., 2020). Teile dieses didaktischen Wissens (TPACK) stehen 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). Dies unterstreicht die Notwendigkeit des Ausbaus von Kompetenzen in der Gestaltung und Implementierung digitaler Lernsettings (Huber et al., 2020).

Für den Ausbau dieser Kompetenzen von Lehrkräften muss das Fortbildungsangebot der dritten Phase der Lehrkräftebildung ausgeweitet werden (Bonnes, Wahl & Lachner, 2022), sodass den Lehrkräften strukturell und inhaltlich hochwertige Angebote zur Verfügung stehen.

### **Transferstarke Lehrkräftefortbildungen**

Um einen lernwirksamen Transfer der vermittelten Kompetenzen in die schulische Lehrpraxis zu unterstützen, müssen Lehrkräftefortbildungen hohen inhaltlich-strukturellen und didaktischen Qualitätskriterien genügen, wie die Stärkung der kollegialen Kooperation oder die Verknüpfung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen (Lipowski, 2013). Eine angemessene Fortbildungsdauer von mehr als einem kurzen Veranstaltungstag ist ebenfalls notwendig, sodass den Lehrkräften genug Zeit und Raum für ihre Aneignungsprozesse gegeben werden kann, sowie Gelegenheiten zum Umgang mit den digitalen Medien (Lipowski, 2013). Als Methode der Kompetenzvermittlung bieten sich demnach projektbasierte Lehrformate (Krajcik & Blumenfeld, 2006) an, um den Lehrkräften ein tieferes Verstehen sowie authentische, praxisnahe Exploration relevanter Lehrpraktiken zu ermöglichen. Die Teilnehmenden sollen hier kollaborativ und reflektierend arbeiten können, wobei das Lehrformat eine auf die Wünsche und Lernbedürfnisse der Teilnehmenden eingehende Teilhabe ermöglicht (ebd.).

Schüler\*innenlabore bieten sich für solche Lehrkräftefortbildungen in der Naturwissenschaftsdidaktik an, da sie sich schneller den Herausforderungen der digitalen Transformation stellen können (Euler & Schüttler, 2020; Schüttler et al., 2021) und für die Vermittlung und Exploration neuer Lehrpraktiken einen authentischen Lernort bieten.

### **Ziele des Projekts**

Das Ziel des Teilprojektes Chemie im BMBF-geförderten Projekt „LFB-labs-digital“ ist es, zum einen eine transferstarke Lehrkräftefortbildung zum Lernen mit Simulationen zu konzipieren, 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 zum Beispiel didaktisches Wissen (TPACK), Akzeptanz, Selbstwirksamkeit und Vorerfahrungen bezüglich des Lernens mit Simulationen erforscht und Wirksamkeit der projektbasierten Lehrkräftefortbildung hinsichtlich des Abbaus der Barrieren ermittelt werden.

### **Konzept der Lehrkräftefortbildung**

Das mehrtägige Format der konzipierten Lehrkräftefortbildung umfasst 4 Phasen, welche in Abbildung 1 schematisch dargestellt werden.



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

Die Veranstaltung startet in Phase 1 mit einer Einführung in das Thema Simulationen. Die Lehrkräfte erhalten thematische Inputs und erarbeiten die Grundlagen zum Lernen mit Simulationen. Dies beinhaltet die Fragen, was eine Simulation ist, nach welchen Kriterien

Simulationen beurteilt werden können und wie sie in sinnstiftende Lernwege eingebettet werden. Die Einführung beinhaltet plenare Arbeitsphasen, individuelle Auseinandersetzungen und kollaborative Arbeit. In der folgenden Phase 2 arbeiten die Lehrkräfte mit der Methode des projektbasierten Lernens in multiprofessionellen Teams mit wissenschaftlichen Mitarbeitenden und Studierenden zusammen an der Implementation von Moleküldynamiksimulationen in Lernsettings des Schüler\*innenlabors.

Nach der Entwicklung der Lernsettings werden diese in Phase 3 mit den eigenen Schüler\*innen im Schüler\*innenlabor erprobt, getestet und individuell reflektiert. Abschließend folgt die Reflexionsveranstaltung als Phase 4 und letzter Teil der Fortbildung. Ziel ist ein Erfahrungsaustausch mit den Lehrkräften und den Lehrkräften untereinander, sowie die allgemeine Reflexion der entwickelten Lernsettings und möglicher Veränderungen in der eigenen Haltung und Selbstwirksamkeit beim Lernen mit Simulationen.

### **Forschungsvorhaben**

Ein Forschungsschwerpunkt im Projekt ist die Ermittlung der Implementationsbarrieren (z.B. didaktisches Wissen (TPACK), Akzeptanz, Selbstwirksamkeit und Vorerfahrungen) der Lehrkräfte zum Einsatz von Simulationen in ihrem Chemieunterricht. Ein weiterer Fokus liegt auf dem Einfluss der Lehrkräftefortbildung auf die Überwindung dieser Barrieren.

Ein erstes Konzept wurde im Sommersemester 2024 mit Lehrkräften (N=4) erprobt, anschließend optimiert und im Wintersemester 2024/25 erneut durchgeführt (N=4). Beide Interventionsiterationen wurden durch quantitative Fragebögen (Prä-Post) und begleitende Einzelfallstudien (Interviews, Arbeitsergebnisse, teilnehmende Beobachtung, Gruppeninterviews) mit Follow-Up-Erhebung begleitet.

### **Erste Ergebnisse und Ausblick**

In einer ersten Analyse der Daten aus dem ersten Durchgang der Fortbildung konnten unterschiedliche Implementationsbarrieren ermittelt werden, wie zum Beispiel der Zeitaufwand in der Unterrichtsgestaltung bei der Nutzung von neuen Methoden und die mangelnde Verfügbarkeit von thematisch passenden Simulationen zu den Inhaltsfeldern des Kernlehrplans, beziehungsweise dass diese nicht gefunden werden, oder gegebene Simulationen nicht nach den eigenen Vorstellungen angepasst werden können. Die Chemielehrkräfte zeigten außerdem zu Beginn der Fortbildung geringe Vorerfahrungen mit Simulationen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Lehrkräfte nach Abschluss der Fortbildung die Verwendung von Simulationen in ihrem eigenen Unterricht als nützlich erachten, was auf eine erhöhte Akzeptanz in Bezug zum Lernen mit Simulationen deutet.

Die Fortbildung scheint dazu geeignet zu sein einige Aspekte zu verbessern, wobei die Lehrkräfte unter anderem das projektbasierte Vorgehen als wichtigen Gelingensfaktor nennen. Eine tiefgehende Analyse der Forschungsdaten und Auswertung der im zweiten Durchgang der Fortbildung erhaltenen Daten steht noch aus. Ebenfalls ist eine erneute Durchführung der Fortbildung im Jahr 2025 in Planung.

### **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.
- 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.
- 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., Ziemwald, 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.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Frechen: Ritterbach Verlag.
- 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.
- Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. *ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 47–67.
- 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.