

Dominik Diermann¹
Amitabh Banerji²
Jenna Koenen¹
Constantin Egerer²

¹Technische Universität München
²Universität Potsdam

Experimentieren mit digitalen Medien bereichern

Naturwissenschaften, wie Physik und Chemie zeichnen sich auch durch ihre fachspezifischen Arbeitsweisen und Anforderungen aus. Zentral hierbei ist das Experimentieren, durch welches forschende Schülerinnen und Schüler motiviert werden (z.B. Kremer et al., 2019), neue Erkenntnisse erlangen (z.B. Furtak et al., 2012) oder diverse weitere Lernziele leichter erreichen können. (Schülerzentriertes) Experimentieren erfordert durch die verschiedenen Arbeits- und Denkschritte (vgl. Teilprozessansatz; Abd-El-Khalick, 2004) verschiedene Kompetenzen (Sieve & Schanze, 2015; Kremer et al., 2019) und verursacht dadurch potenziell Lernschwierigkeiten oder Verständnisprobleme bei Planung, Durchführung und Auswertung. Diese können in unserem digitalen Zeitalter beispielsweise mit Hilfe digitaler Medien adressiert werden, die den gesamten Experimentierprozess bereichern können. Bereits verbreitet sind beispielsweise die digitale Messwerterfassung, online Recherche oder Software zur Datenaufbereitung. Um das Experimentieren mit digitalen Medien zu unterstützen, müssen Lernende und auch Lehrkräfte über das notwendige Wissen und Fähigkeiten für deren gewinnbringenden und didaktisch legitimierten Einsatz verfügen. Hier haben sich Lehrkräftefortbildungen als wirksame Maßnahmen erwiesen (vgl. Timperley et al., 2007; Yoon et al., 2007; Hattie et al., 2014; Lipowsky & Rzejak, 2017, 2019), um digitale Medien und die fachspezifische Arbeitsweise des Schüler- und SchülerInnenexperiments sinnvoll zu verbinden.

Im Rahmen eines Postersymposiums zum Verbundprojekt DigiProMIN (Lenzer & Feser, in diesem Band), stellt der hier dargestellte Posterbeitrag die Konzeption und didaktische Leitgedanken einer Chemielehrkräftefortbildung zum Thema „digital gestütztes Experimentieren“ vor. Die Fortbildung fokussiert darauf, Lehrkräfte dazu zu befähigen, empirisch bestätigte Mehrwerte digitaler Medien auch für die chemiespezifische Arbeitsweise des Experimentierens zu nutzen. Aus der Gesamtheit möglicher digitaler Medien, die beim Experimentieren eingesetzt werden können, wurden bewusst zwei konkrete Ansätze ausgewählt, um diese im Ein-Tages-Präsenzprogramm (ca. 7 h im Laborsetting) umfänglich behandeln zu können. Die Konzeption erfolgte anhand empirisch validierter Prinzipien (vgl. Emden & Baur, 2017; Lipowsky & Rzejak, 2012, 2019; Sieve, 2017) und setzt daher auf aktive Teilhabe der Lehrkräfte, Kollaboration durch Kleingruppenarbeit, Arbeit mit konkreten Best-Practice-Beispiel-Materialien und eine Einteilung in Vermittlungs-, Erarbeitungs- und Reflexions- bzw. Diskussionsphasen. Inhaltlich ist die vorgestellte Fortbildung in eine kurze theoretische Input-Phase und zwei Arbeitsphasen zu den gewählten digitalen Medien sowie eine abschließende Reflexionsphase gegliedert. Von besonderem Wert ist auch die eigene Erstellung digitaler Medien sowie der Fokus auf Diskussionen zum reflektierten Erfahrungsaustausch untereinander.

Der erste digitale Experimentier-Ansatz behandelt den Bau und die Programmierung eines automatisierten Titrationsroboters mit dem LEGO® Education SPIKE™ Prime Set (vgl. Abbildung 1). Durch die eigenständige Entwicklung können informatische Konzepte wie Automatisierung und Robotik Einzug in den Chemieunterricht finden und neuartige Lernziele

für den Chemieunterricht aufgestellt werden (beispielsweise die Entwicklung einer schrittweisen Titrationsanweisung durch algorithmisches Denken oder einfache Programmieraufgaben). Die intuitive Programmieroberfläche der zugehörigen App, das Erkunden und Erproben des LEGO-Sets sowie der anschließende Wettbewerb beim Testen der eigenen Roboter fördern zudem spielerisch das Lernen und das Interesse von Lehrkräften in der Fortbildung sowie deren Schülerinnen und Schülern im Unterricht.

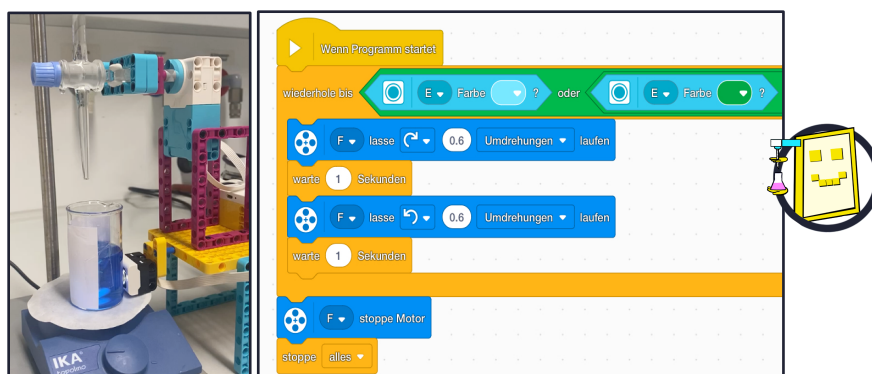


Abb. 1: Beispielhafter LEGO-Titrationsroboter (links) und Ausschnitt der Programmieroberfläche (rechts).

Während der Arbeitsphase werden die Lehrkräfte durch einen sogenannten DEAN (Digitaler Experimentier-Assistent) und das Fortbildungsteam als Lerncoaches begleitet. Der DEAN (vgl. Forster et al., 2024) ist gleichzeitig der zweite Ansatz, der in der Fortbildung vorgestellt wird: Dabei handelt es sich um ein interaktives eBook, welches mit PowerPoint (oder ähnlicher Präsentationssoftware) erstellt werden kann und verschiedene Phasen des Experimentierprozesses begleitet. Hierbei wird das Konzept des „didaktischen Doppeldeckers“ realisiert: Die Lehrkräfte wechseln von der Rolle des „users“ eines DEANs hin zum „producer“, da sie im zweiten Teil der Fortbildung angehalten werden einen eigenen DEAN zu einem selbst-gewählten Experiment (oder Unterrichtsthema) zu erstellen. Dazu erhalten sie einen Beispiel-DEAN (PowerPoint Datei in der interaktiven Bildschirmpräsentation auf einem Tablet), der ausführliche Erklärungen zu den notwendigen PowerPoint-Features sowie weiterer Software zur Erstellung von beispielsweise Animationen oder Erklärvideos enthält (vgl. Abbildung 2).

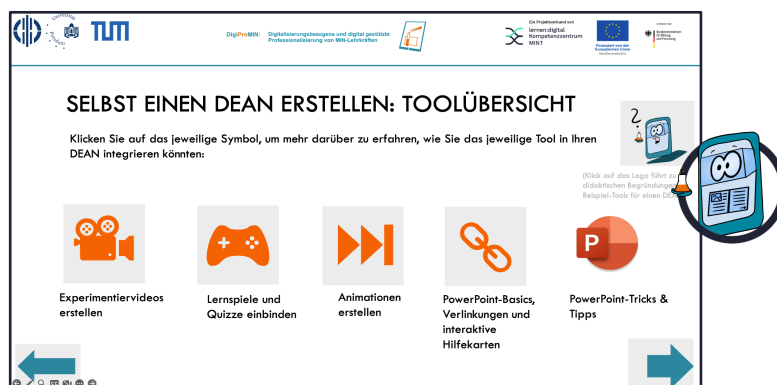


Abb. 2: Screenshot aus dem Fortbildungs-DEAN.

Eine Besonderheit der DEANs ist die Möglichkeit individuelle digitale Lernhilfen (z.B. Hinweise durch Verlinkungen auf bestimmte Folien) zu geben und diverse Medien in die Experimentieranleitung einzubinden oder in ihr zu erstellen (z.B. Quiz).

Lehrkräfte diskutieren während der Arbeitsphasen und als Abschluss der Fortbildung, wie die vorgestellten digitalen Medien, d.h. ein automatisierter Titrationsroboter und ein digitaler eBook-Experimentierassistent beim Experimentieren lernförderlich und sinnstiftend gestaltet und im eigenen Chemieunterricht eingesetzt werden können. Insgesamt ergeben sich folgende Hauptlernziele für die Fortbildung:

Lehrkräfte können ...

- mit Hilfe des LEGO® SPIKE™ Prime Sets einen automatischen Titrationsroboter aufbauen und programmieren.
- erläutern, wie informatische Grundprinzipien im Chemieunterricht behandelt werden können.
- mit Hilfe von PowerPoint interaktive eBooks als Bildschirmpräsentationen erstellen und verschiedene digitale Medien (Animationen, Videos, Lernspiele) begründet einbinden.
- diskutieren, inwiefern digitale Medien verschiedene Phasen des Experimentierprozesses unterstützen können.

Es besteht die Möglichkeit die Fortbildung in zwei Teile zu jeweils drei bis vier Stunden aufzuteilen. Dabei wird dann jeweils einer der vorgestellten digitalen Ansätze behandelt und der kurze Input entsprechend angepasst. Aufgrund der Arbeit im Labor kann der erste Teil zum Titrationsroboter voraussichtlich nur in Präsenz angeboten werden. Der Teil zur Erstellung interaktiver eBooks muss nicht auf das Experiment begrenzt sein und könnte ebenfalls online oder gegebenenfalls als asynchrones Angebot angepasst werden.

Die angestrebten Lernziele und Kompetenzen orientieren sich an den Kompetenzbereichen des DiKoLAN (Becker et al., 2020) und des DigCompEDU (Redecker, 2017). Im Allgemeinen ist es das Ziel von DigiProMIN Chemie transferfähiges Wissen zu vermitteln und Lehrkräfte zur eigenständigen Erstellung digitaler Lehr-Lern-Medien zu befähigen.

Die Fortbildung zum „digital gestützten Experimentieren“ wurde bisher bereits pilotiert und mehrfach durchgeführt sowie auf Basis der „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (vgl. Šumak & Šorgo, 2016) evaluiert (vgl. Bernholt et al., in diesem Band). Im Sinne des Design-Based-Research Ansatzes wurde sie dabei stetig angepasst und weiterentwickelt. Die ersten Eindrücke zeigen sehr positives Feedback, hohe Motivation und Akzeptanz der Medien und Ansätze durch die teilnehmenden Lehrkräfte. Einzelne Rückmeldungen betonen jedoch auch den erhöhten Arbeitsaufwand bei der DEAN-Erstellung oder die Kosten zur Anschaffung der LEGO® SPIKE™ Prime Sets.

Zukünftig wird die Fortbildung (wie auch die weiteren Fortbildungen im DigiProMIN Chemie Projekt) weiter angepasst und mit Lehrkräften durchgeführt und evaluiert, um sie bestmöglich an die berufliche Praxis und die Bedarfe und Wünsche aus dem Schulalltag anzupassen.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H.-I. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science education*, 88(3), S. 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). DiKoLAN: Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften. Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. DiKoLAN. <http://dikolan.de/>
- Bernholt, S., Diermann, D., Egerer, C., Flerlage, C., Lenzer, S., Banerji, A., Parchmann, I. & Koenen, J. (in diesem Band). Von der Fortbildung zur unterrichtlichen Nutzung. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2024. Universität Duisburg-Essen.
- Emden, M. & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 23, S. 1–19. <http://dx.doi.org/10.1007/s40573-016-0052-1>
- Forster, K., Diermann, D. & Koenen, J. (2024). DEAN – Digital unterstützt Experimentieren. Eine Seminarkonzeption. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2023, Band 44. (S. 806-809)
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching. *Review of Educational Research*, 82, S. 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Hattie, J., Beywl, W. & Zierer, K. (2014). *Lernen sichtbar machen* (2. korr. Aufl.). Schneider-Verlag, Hohengehren
- Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019) Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß et al. (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 113-128). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_7
- Lenzer, S., & Feser, M. S. (in diesem Band). PSY3: Lehrkräfteprofessionalisierung im Projektverbund DigiProMIN. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2024. Universität Duisburg-Essen.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2017) Fortbildungen für Lehrkräfte wirksam gestalten – erfolgsversprechende Wege und Konzepte aus Sicht der empirischen Bildungsforschung. *Bildung und Erziehung*, 70(4), S. 379-400
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2019). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? – Ein Update. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Hrsg.), *Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte. Beiträge zur Schulentwicklung*. (S. 15–56). Bielefeld: wbv. <http://dx.doi.org/10.3278/6004746w>
- Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Seville, Spain: Joint Research Centre. <https://dx.doi.org/10.2760/159770>
- Sieve, B. (2017). Implementation digitaler Medien – Bedürfnisse von Lehrkräften erfassen. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 249–263). Joachim Herz Stiftung Verlag: Hamburg.
- Sieve, B., & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 26(145), S. 2-7
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). Teacher professional learning and development. Best evidence synthesis iteration (BES). Wellington: Ministry of Education
- Yoon, K.-S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B. & Shapley, K. L. (2007). Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement. *Issues & Answers Report* (33), S. 1–62.