

Gina Blick¹
Sabrina Syskowski^{1,2}
Philipp Möhrke¹
Sören Kannegieser³
Johannes Huwer^{1,2}
Christoph Thyssen³
Lars-Jochen Thoms^{1,2}

¹Universität Konstanz
²Pädagogische Hochschule Thurgau
³RPTU Kaiserslautern

Projekt digiSTAR – digital augmented Science Teaching and Research

Zusammenfassung. Das Projekt digiSTAR soll die digitale Lücke (*digital gap*) im Grundstudium überbrücken, die sich zwischen digitalisierten Schulen und digitalisierten Masterstudiengängen entwickelt, während Grundvorlesungen in den Naturwissenschaften oft noch auf traditionellere und weniger digitalisierte Weise gehalten werden. Lehr-Lern-Module werden als digitale Ressourcen bereitgestellt, die von Lehramtsstudierenden naturwissenschaftlicher Fächer unter didaktischer und technischer Anleitung entwickelt werden. Dies gibt den Studierenden des Lehramts authentische Lernmöglichkeiten zur Gestaltung und Erprobung selbst entwickelter digitaler Lehr-Lern-Module. Die Ergebnisse eines ersten Design-Based-Research-Zyklus zeigen, dass Studierende der Chemie Schwierigkeiten haben, die physikalischen Grundlagen der Quantenchemie zu verstehen. Dieser Herausforderung soll durch innovative digitaler Module entgegengewirkt werden.

Einleitung. Die COVID-19 Pandemie hat Defizite in der Digitalisierung in verschiedenen Lebensbereichen, insbesondere in Schulen, Hochschulen und im Berufsleben, aufgezeigt. Wo die fortschreitende Digitalisierung zuvor häufig abgelehnt oder nur zögerlich integriert wurde, sahen sich Bildungseinrichtungen und Unternehmen während der Pandemie gezwungen, schnell auf digitale Lehr- und Arbeitsmethoden umzustellen, um den veränderten Bedingungen gerecht zu werden (Cone et al., 2022; Zancajo et al., 2022). Die Pandemie kann somit als Motor der Digitalisierung betrachtet werden. Der schnelle Übergang zum digitalen Lehren und Lernen in Bildungseinrichtungen erfolgte, obwohl digitale Ressourcen und Fähigkeiten in vielen Fällen nur unzureichend vorhanden waren (Carillo & Flores, 2020). Lehrende wie Lernende, waren gezwungen, ihre eigenen Wissenslücken im Bereich digitaler Bildung und digitalen Lernens zu schließen (Fernández-Batanero et al., 2022; Henne et al., 2023). Post-pandemisch zeigt sich, dass in Bezug auf Hochschulen nach wie vor digitale Defizite bestehen. Diese Defizite betreffen sowohl die verwendeten digitalen Lehrmethoden und die verfügbare digitale Hardware als auch digitale Kompetenzen. Obwohl Studierende aus digitalisierten Schulen an die Hochschulen kommen und nach ihrem Studium in digitalisierten Arbeits- und Forschungsumgebungen tätig sein werden (Thyssen et al., 2020), besteht eine digitale Lücke in den naturwissenschaftlichen Grundvorlesungen an Hochschulen. In diesen ersten Semestern der naturwissenschaftlichen Hochschullehre werden digitale Kompetenzen wenig gefördert, und digitale Werkzeuge finden nur begrenzte Anwendung. Dies betrifft sowohl Lehramtsstudierende naturwissenschaftlicher Fächer als auch Fachstudierende gleichermaßen. Lehramtsstudierende kehren nach ihrem Studium an digitalisierte Schulen zurück, während Fachstudierende in digitalisierten (akademischen) Forschungseinrichtungen arbeiten werden. Beide Gruppen sind in Bezug auf digitale Bildung und Vorbereitung auf den Masterabschluss sowie ihre zukünftigen Karrieren unzureichend ausgestattet.

Eine umfassende digitale Vorbereitung aller naturwissenschaftlichen Studierenden erfordert einen kontinuierlichen und nachhaltigen Ausbildungsprozess. Zur Schließung dieser digitalen Lücke wurde das Projekt digiSTAR ins Leben gerufen, das die digitalen Kompetenzen nach DiKoLAN als theoretische Grundlage nutzt. Es handelt sich um eine kollaborative Initiative zwischen Biologie- (RPTU) und der Physik- sowie Chemiedidaktik (UKN). Das Projekt verfolgt vier Leitmotive, die im Rahmen seiner Umsetzung erreicht werden sollen. Erstens sollen didaktisch fundierte Lehr-Lern-Module für Studierende in den naturwissenschaftlichen Grundvorlesungen der ersten beiden Semester bereitgestellt werden. Zweitens sollen Dozierende und Lehrpersonen didaktisch fundierte digitale Lehr- und Lernmittel zur Verfügung gestellt werden, wobei sie durch die Projektgruppe bei der Entwicklung und Anwendung dieser Materialien unterstützt werden. Das dritte Ziel ist die digitale Professionalisierung der Studierenden im Master of Education für naturwissenschaftliche Lehramtsstudiengänge, um ihre digitalen Kompetenzen zu stärken, damit sie eigenständig hochwertige digitale Lehrmittel entwickeln und einsetzen können. Schließlich soll die Zusammenarbeit zwischen den beiden Hochschulen, UKN und RPTU, dazu beitragen, die übergreifende Qualität der Lehre für Studierende in ihren jeweiligen Einrichtungen zu verbessern und langfristig zu sichern.

Grundlagen, Vernetzung und Ablauf des Projekts. Das Rahmenkonzept für digiSTAR ist DiKoLAN (Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften, Becker et al., 2020). DiKoLAN definiert sieben digitale Kompetenzbereiche, die von angehenden naturwissenschaftlichen Lehrkräften mit Abschluss des Studiums beherrscht werden sollen. Diese Schlüsselkompetenzbereiche umfassen Dokumentation, Präsentation, Kommunikation/Kollaboration, Recherche und Bewertung, Messwert- und Datenerfassung, Datenverarbeitung, sowie Simulation und Modellierung. Jeder dieser Bereiche beinhaltet detaillierte Feinlernziele. Das Projekt digiSTAR soll diese digitalen Grundkompetenzen fördern, um eine umfassende digitale Bildung für Lehramtsstudierende in naturwissenschaftlichen Fächern zu ermöglichen. Die Vermittlung dieser digitalen Grundkompetenzen ist bereits in das Curriculum der Lehramtsstudiengänge naturwissenschaftlicher Fächer an der UKN integriert. Dies erfolgt im Rahmen des Seminars „Fachdidaktik III“ (Henne et al., 2022, Müller et al., 2022). In diesem Kurs erwerben die Studierenden des Masters of Education diese digitalen Grundkompetenzen, reflektieren ihre eigenen Fähigkeiten und erhalten mit dem Projekt digiSTAR die Gelegenheit, ihre erworbenen Kompetenzen praktisch anzuwenden. Dabei erhalten sie Feedback zu ihren digitalen Produkten. Dieser Ansatz soll sie auf ihre zukünftige Tätigkeit im Bildungsbereich in digitaler Hinsicht vorbereiten.

Zu Beginn des Projekts (Wintersemester 2022/2023) wurden bisher bestehende pädagogische und didaktische Praktiken mit einer Umfrage ermittelt. Diese Umfrage wurde im Erstsemesterkurs „Anorganische und Allgemeine Chemie“ an der UKN durchgeführt, welcher für Lehramtsstudierende und Fachstudierende verpflichtend ist. Die gleiche Umfrage wurde in einem Grundlagen-Biologiekurs an der RPTU durchgeführt. Die Umfragen ermöglichten, die digitalen Bedürfnisse, gewünschte Anwendungsbereiche, Themen für digitale Anwendungen und bestehende Defizite zu identifizieren. Die identifizierten Themen, für welche Studierenden der genannten Kurse digitale Unterstützung benötigen, wurden priorisiert und dienen als Grundlage für die Erstellung digitaler Lehr-Lern-Module. Die Erstellung dieser Module erfolgte im Rahmen des Seminars „Fachdidaktik III“. Die Projektgruppe entwickelte hierfür Richtlinien, welche auf Basis aktueller fachdidaktischer Forschung (z. B. Girwidz & Kohnle, 2021; Krug et al., 2023; Thoms et al., 2022) und der *Kognitiven Theorie des Multimedialernens* (Mayer, 2014) erarbeitet wurden.

In der zweiten Phase (Sommersemester 2023) ist der erste Design-Based-Research-Zyklus durchgeführt worden. Studierende des naturwissenschaftlichen Lehramts, welche das Seminar „Fachdidaktik III“ besuchten, entwickelten Lehr-Lern-Module für die Grundlagenvorlesung. Diese Module werden anschließend in eben diese Grundlagenvorlesungen integriert, sodass die Studierenden eine Rückmeldung zur Qualität und Wirksamkeit ihres Materials erhalten. Während des nun folgenden Winter- und Sommersemesters (Wintersemester 2023/2024 und Sommersemester 2024) werden ein zweiter und ein dritter Design-Based-Research-Zyklus durchgeführt und die Ergebnisse und Einbindung dieser ausgewertet. In der Projekt Nachbereitung (Wintersemester 2024/2025) werden der Ablauf, die Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Design-Based-Research-Zyklus nachträglich umfassend evaluiert. Parallel zu den dargelegten Prozessen des Projekts wird die Projektgruppe in regelmäßigen Abständen die Bedürfnisse der Studierenden der Grundlagenvorlesungen erfragen und beurteilen, während eine kontinuierliche kollaborative Zusammenarbeit zwischen UKN und RPTU gestärkt wird, um das vierte Leitmotiv des Projekts zu erfüllen.

Erste beispielhafte Ergebnisse. Befragungen von Dozierenden und Studierenden der Grundlagenvorlesung im Wintersemester 2022/2023 ergaben, dass Studierende insbesondere im Bereich der Molekül-Orbital-Theorie (speziell zur LCAO-Methode, lineare Kombination von Atomorbitalen, von engl. *linear combination of atomic orbitals*) einen Bedarf an digitaler Unterstützung zur Verbesserung ihres Verständnisses haben. Dieses Thema wurde den Studierenden von „Fachdidaktik III“ zur Entwicklung von Lehr-Lernmodulen vorgegeben, wobei sie digitales Material und Werkzeuge wie Augmented Reality, Simulationen und Modellierungssoftware verwenden und die Nutzung ihrer Module auf mobilen Endgeräten ermöglichen sollten. Die notwendigen Kompetenzen für diese Entwicklungen wurden zuvor im Seminar aufgebaut. Diese praktische Übung stellt einen wichtigen Bezug für die angehenden Lehrkräfte dar und erweitert den digitalen Ressourcenpool für Studierende im ersten Semester. Eine Gruppe von Seminarteilnehmenden entwickelte ein Lehr-Lernmodul zum Thema „Superpositionsprinzip“. Das Lehr-Lern-Modul macht Interferenzphänomene multimodal erfahrbar. Zwei Smartphones dienen als Sender eines Tons konstanter und gleicher Frequenz. Mithilfe der App GeoGebra AR 3D wurde das Interferenzmuster des Klangs berechnet und durch eine virtuelle Überlagerung visualisiert. Auf diese Weise konnten die Studierenden durch den Raum gehen, die Lautstärkeschwankungen hören und mit dem visualisierten Interferenzmuster vergleichen.

Diskussion und Ausblick. Das angestrebte Ziel des digiSTAR-Projekts ist eine Sammlung von Lehr-Lern-Modulen, die die Themen der Grundvorlesungen in naturwissenschaftlichen Fächern detaillierter und digital unterstützt behandeln. Nach Abschluss des Entwicklungsprojektes werden digitale Materialien sowohl für Dozierende wie auch für Studierende zur Verfügung gestellt. Diese Ressourcen sollen auch anderen Hochschulen frei zugänglich gemacht werden, um die digitale Kluft flächendeckend zu überbrücken.

Danksagung. Das Projekt „digital augmented Science Teaching and Research - digiSTAR“, wird von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre (STiL) im Rahmen des Programms Freiraum 2022 (FRFMM-129-2022) finanziert. Wir sind außerordentlich dankbar für die umfassende Unterstützung unseres Projekts. Darüber hinaus möchten wir den beteiligten Studierenden danken, insbesondere den Entwicklern der AR-Anwendung – Paul Fieseler und Samuel Henle –, die in diesem Artikel beispielhaft präsentiert wird.

Literatur

- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Messinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/JHS_Digitale_Basiskompetenzen_web_srgb.pdf
- Carrillo, C., & Flores, M. A. (2020). COVID-19 and teacher education: A literature review of online teaching and learning practices. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 466–487. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1821184>
- Cone, L., Brøgger, K., Berghmans, M., Decuyper, M., Förschler, A., Grimaldi, E., Hartong, S., Hillman, T., Ideland, M., Landri, P., Van De Oudeweetering, K., Player-Koro, C., Bergviken Rensfeldt, A., Rönnerberg, L., Taglietti, D., & Vanermen, L. (2022). Pandemic Acceleration: Covid-19 and the emergency digitalization of European education. *European Educational Research Journal*, 21(5), 845–868. <https://doi.org/10.1177/14749041211041793>
- Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & García-Martínez, I. (2022). Digital competences for teacher professional development. Systematic review. *European Journal of Teacher Education*, 45(4), 513–531. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827389>
- Girwidz, R., & Kohnle, A. (2021). Multimedia and Digital Media in Physics Instruction. In H. E. Fischer & R. Girwidz (Hrsg.), *Physics Education* (S. 297–336). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_11
- Krug, M., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2023). Augmented Reality in the Science Classroom—Implementing Pre-Service Teacher Training in the Competency Area of Simulation and Modeling According to the DiKoLAN Framework. *Education Sciences*, 13(10), 1016. <https://doi.org/10.3390/educsci13101016>
- Henne, A., Möhrke, P., Huwer, J., & Thoms, L.-J. (2023). Learning Science at University in Times of COVID-19 Crises from the Perspective of Lecturers—An Interview Study. *Education Sciences*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.3390/educsci13030319>
- Henne, A., Möhrke, P., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2022). Implementing Digital Competencies in University Science Education Seminars Following the DiKoLAN Framework. *Education Sciences*, 12(5), 356. <https://doi.org/10.3390/educsci12050356>
- Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second edition). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Müller, L., Thoms, L.-J., Möhrke, P., Henne, A., & Huwer, J. (2022). Testing new concepts in university teacher training for the acquisition of digital competencies according to DiKoLAN – development and investigation of the effectiveness of a teaching-learning module in the field of simulation and modelling. *CHEMKON*, 29(S1), 349–354. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200022>
- Thoms, L.-J., Hoyer, C., & Girwidz, R. (2022). A Teacher Training Course on Using Digital Media for Acquisition, Visualization and 3D Printing of Complex Data and for Fostering Pupils' Experimental Skills. In J. Borg Marks, P. Galea, S. Gatt, & D. Sands (Hrsg.), *Physics Teacher Education* (S. 75–90). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06193-6_6
- Thyssen, C., Thoms, L.-J., Kremser, E., Finger, A., Huwer, J., & Becker, S. (2020). Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung unter besonderer Berücksichtigung der Naturwissenschaften. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl, & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 77–98). Universitätsverlag Rhein-Ruhr.
- Zancajo, A., Verger, A., & Bolea, P. (2022). Digitalization and beyond: The effects of Covid-19 on post-pandemic educational policy and delivery in Europe. *Policy and Society*, 41(1), 111–128. <https://doi.org/10.1093/polsoc/puab016>