

Digital gestützte Individualisierung bei forschend-entdeckendem Lernen

In der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur ist das *forschend-entdeckende Lernen* ein prominenter Ansatz guten Unterrichts (Abd-El Khalick et al., 2004; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Dabei wird forschend-entdeckendes Lernen z. T. sehr unterschiedliche konzeptualisiert – von im Zugang vollständig offenen Konzeptionen, die auf die möglichst authentische Abbildung des realen Forschungsprozesses (mit all seinen Irrungen und Wirrungen) zielen bis zu stärker angeleiteten Zugängen, die Elemente direkter Instruktion und instruktionaler Unterstützung integrieren (de Jong et al., 2023; Hofer & Puddu, 2020; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Eine Synthese der einschlägigen Literatur legt allerdings eine prinzipielle Überlegenheit angeleiteter Ansätze forschend-entdeckendes Lernen nahe, u. a. deshalb, weil sie selbstbestimmte Phasen und stärker instruktionalen Phasen im Prozess des Aufbaus naturwissenschaftlichen bzw. physikalischen Wissens systematisch und zielgerichtet miteinander kombinieren (Hmelo-Silver et al., 2007).

Eine Konzeption von angeleitetem forschend-entdeckendem Lernen, die sich auf verschiedenen Ebenen als besonders effektiv erwiesen hat und bei Lehrkräften eine hohe Akzeptanz genießt, ist das forschend-entdeckende Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen (Krajcik & Blumenfeld, 2006; Krajcik & Czernaik, 2018). Gleichzeitig ist forschend-entdeckend gestalteter Unterricht anspruchsvoll sowohl für Lehrkräfte als auch für Schüler:innen, z. B. weil er i. d. R. neben inhaltliche immer auch methodische Anforderungen aufweist. Lehrkräfte müssen Schüler:innen beim forschend-entdeckendem Lernen gezielt und individualisiert bei der Bewältigung dieser Anforderungen unterstützen, um dessen lernförderlichen Potenzial auszuschöpfen (de Jong et al., 2023; Krajcik, & Shin 2014). Digitale Technologien können hierbei unterstützend wirken, sofern sie von der Lehrkraft didaktisch sinnvoll in den Unterricht integriert werden (Krajcik & Mun, 2014).

Zur Unterstützung von Lehrkräften bei der Planung, Umsetzung und Reflexion von digital gestützten und forschend-entdeckendem Physikunterricht entwickelt und beforscht das Fachcluster Physik im Projektverbund DigiProMIN ein Fortbildungsprogramm, das aus einem Basismodul und sechs darauf aufbauenden Vertiefungsmodulen besteht (für eine Zusammenschau siehe Lenzer & Feser, in diesem Band). Das Basismodul umfasst eine Einführung in das forschend-entdeckende Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen, sowie einen Überblick über Möglichkeiten der Individualisierung mittels digitaler Technologien in einem Physikunterricht, der diesem Unterrichtsansatz folgt. In diesem Beitrag wird die Konzeption von forschend-entdeckendem Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen zusammenfassend vorgestellt und der Aufbau der ersten Version des entwickelten Basismoduls skizziert.

Forschend-entdeckendes Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen

Gemein ist nahezu allen Konzeptionen von forschend-entdeckendem Lernen, dass die Schüler:innen sich ausgehend von eigenen oder zumindest für sie relevanten Fragen in den Prozess der aktiven Konstruktion von Wissen begeben. Im Rahmen des forschend-entdeckenden Lernens konstruieren die Schüler:innen sukzessive Wissen durch die Auseinandersetzung mit physikalischen bzw. naturwissenschaftlichen Phänomenen entlang

kohärenter Sequenzen der folgenden Aktivitäten, wobei deren Abfolge dem jeweiligen Lehr-Lern-Ziel entsprechend variieren kann: Fragen stellen, Modelle entwickeln, Experimente planen und durchführen, Daten auswerten, Phänomene erklären und über konkurrierende Erklärungen von Phänomenen argumentieren.

Den Ausgangspunkt forschend-entdeckenden Lernens nach Krajcik und Kolleg:innen bilden ein oder mehrere Phänomen(e) und eine damit verbundene übergeordnete Frage („*driving question*“). Typischerweise wird diese übergeordnete Frage von der Lehrkraft aus Fragen der Schüler:innen zum Phänomen bzw. zu den Phänomenen synthetisiert. Zudem leiten sich aus dieser übergeordneten Frage auch mögliche Sequenzen für unterrichtlichen Aktivitäten ab, die darauf zielen, schrittweise (entlang ausgewählter Teil- bzw. Unterfragen) eine Antwort auf die übergeordnete Frage zu entwickeln. Schüler:innen könnten z. B. in einem ersten Schritt ein Modell des Phänomens entwickeln, auf dieser Basis eine Untersuchung planen und durchführen, die gesammelten Daten auswerten, schließlich eine Erklärung entwickeln und diskutieren, inwieweit diese geeignet ist das Phänomen adäquat und hinlänglich zu erklären. Ist das Ergebnis der Diskussion, dass die Erklärung nicht geeignet ist, könnten die Schüler:innen ihr Modell ändern, weitere Untersuchungen durchführen, oder ihre Erklärung überarbeiten – bis sie schließlich eine aus ihrer Sicht eine ausreichend geeignete Antwort auf die übergeordnete Frage gefunden haben.

Abbildung 1 stellt den Ablauf einer Unterrichtseinheit zum Themenfeld Energie im Physikunterricht am Ende der Mittelstufe dar, die entsprechend dem forschend-entdeckenden Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen konzipiert wurde¹. Den Ausgangspunkt der Einheit bildet ein Zeitungsbericht über die Energiekrise im Jahr 2022. Aus den vielen verschiedenen Fragen und Überlegungen der Schüler:innen zur Energiekrise lässt sich die Frage ableiten, was denn nun die beste Energieversorgung der eigenen Schule ist. Diese wird in mehreren Teilschritten beantwortet. Zunächst soll geklärt werden, welche Energieformen benötigt werden und wie man diese vergleichen kann. Anschließend sollen die Eigenschaften der Energieformen erarbeitet werden, bevor erarbeitet wird, welche Energieformen sich für die Versorgung anbieten, um letztendlich die übergeordnete Frage nach der Energieversorgung der eigenen Schule zu beantworten.

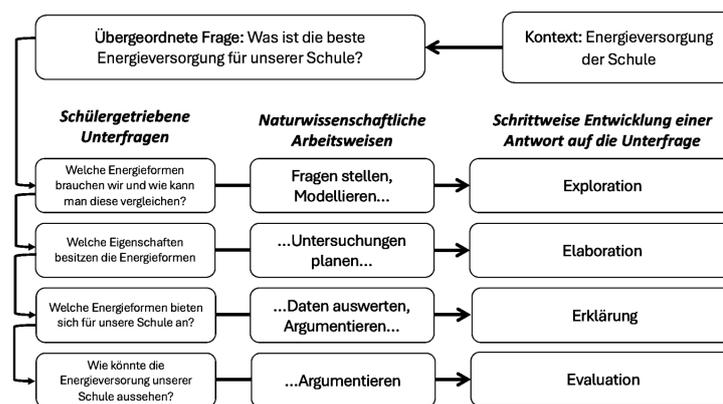


Abbildung 1. Aufbau einer forschend-entdeckenden konzipierten Unterrichtseinheit zum Thema Energie am Ende der Mittelstufe (modifiziert nach Reiser et al., 2014).

¹ Diese Unterrichtseinheit wurde im Rahmen des Projekts ALICE entwickelt (DIPF, 2024). Für weitere Details zu dieser Unterrichtseinheit siehe auch Kubsch et al. (2022).

Basismodul: Digital gestützte Individualisierung beim forschend-entdeckenden Lernen

Viele Lehrkräfte schätzen das forschend-entdeckende Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen, stehen jedoch gleichzeitig vor der Herausforderung, sowohl inhaltliche als auch methodische Anforderungen bei der Umsetzung dieses Ansatzes in ihrem eigenen Unterricht zu bewältigen (siehe oben). Insbesondere benötigen viele Lehrkräfte gezielte Unterstützung, um Schüler beim forschend-entdeckenden Lernen individualisiert zu begleiten und digitale Technologien lernförderlich in den Unterricht zu integrieren. Dementsprechend ist das Ziel des Basismoduls die Einführung der an der Fortbildung teilnehmenden Lehrkräfte (a) in das forschend-entdeckende Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen und (b) in die lernförderliche Nutzung digitaler Technologien für die Individualisierung von forschend-entdeckendem Unterricht.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, nutzt das Basismodul hierzu eine Kombination aus Präsenzveranstaltungen (Einheiten 1, 3 und 5), einer Online-Selbstlernerinheit (Einheit 2), sowie einer Praxisphase (Einheit 4), um professionelle Kompetenzen zur Anwendung der oben benannten Inhalte sowohl theoretisch als auch unterrichtspraktisch zu vermitteln. Dabei werden die Teilnehmenden insbesondere bei der Implementation von forschend-entdeckendem Lernen und der Integration digitaler Technologien zur Individualisierung ihres Unterrichts professionell begleitet und zur Reflexion über ihre in der Fortbildung gemachten Praxiserfahrungen angeregt.

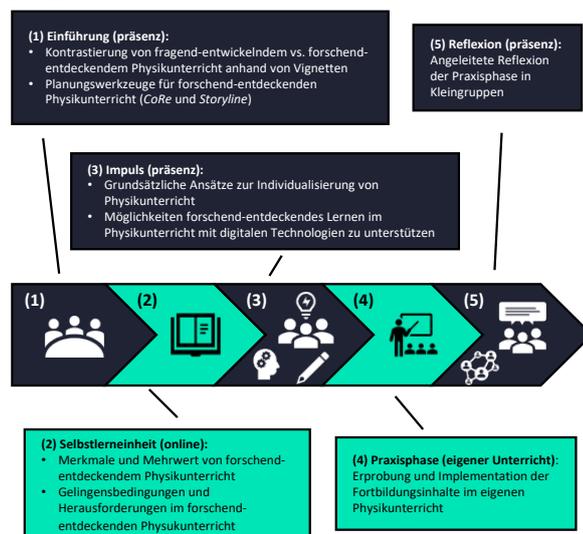


Abbildung 2. Aufbau und Inhalte des Basismoduls.

Ausblick

Die erste Version des Basismoduls (Einheiten 1 bis 3) wurde im Sommersemester 2024 mit Masterstudierenden der CAU Kiel pilotiert. Gegenwärtig (Herbst 2024) durchläuft das Basismodul eine umfassende Evaluation durch Critical Friends aus der Physikdidaktik sowie der Bildungspraxis. Diese kritische Begutachtung, ergänzt durch Rückmeldungen von Studierenden, die an einer Pilotierung des Basismoduls teilgenommen haben, dient als Grundlage für eine gezielte Überarbeitung und Weiterentwicklung der Fortbildung. Eine überarbeitete Version soll zukünftig mit im Schuldienst aktiven Physiklehrkräften erprobt werden. Ziel ist es, im Sinne eines Design-Based-Research-Ansatzes (Barab & Squire 2004; Obczovsky et al., 2024), die Wirksamkeit und Praxisnähe des Basismoduls zu optimieren und auf die Bedürfnisse der Lehrkräfte abzustimmen.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation (DIPF) (2024). *ALICE – Analyzing Learning for Individualized Competence Development in Mathematics and Science Education*. <https://www.dipf.de/de/forschung/projekte/analyzing-learning-for-individualized-competence-development-in-mathematics-and-science-education#6>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hofer, E., & Puddu, S. (2020). Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht – Begrifflichkeiten, Ausprägungen, Zielsetzungen. *transfer Forschung ↔ Schule*, 6, 57–71.
- Krajcik, J., and Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317-333). Cambridge University Press.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. L. (2018). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based learning approach*. Routledge.
- Krajcik, J. S., & Mun, K. (2014). Promises and challenges of using learning technologies to promote student learning of science. In N. G. Lederman and S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research in science education* (Vol. 2) (pp. 337-360). Routledge
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-Based Learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 275–297). Cambridge University Press.
- Kubsch, M., Czinczel, B., Lossjew, J., Wyrwich, T., Bednorz, D., Bernholt, S., Fiedler, D., Strauß, S., Cress, U., Drachslar, H., Neumann, K., & Rummel, N. (2022). Toward learning progression analytics—Developing learning environments for the automated analysis of learning using evidence centered design. *Frontiers in Education*, 7, 981910. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.981910>
- Lenzer, S., & Feser, M. S. (in diesem Band). Lehrkräfteprofessionalisierung im Projektverbund DigiProMIN. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2024*. Universität Duisburg-Essen.
- Obczovsky, M., Bernsteiner, A., Haagen-Schützenhöfer, C., & Schubatzky, T. (2024). Systematizing Decisions in Design-Based Research: From Theory to Design. *Science Education*, Online First Publication. <https://doi.org/10.1002/sce.21915>
- Reiser, B. J. (2014). Designing coherent storylines aligned with NGSS for the K-12 classroom. *Paper presented at the National Science Education Leadership Association meeting, Boston, MA*.
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562–1577. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1616124>