Lea Runge[1] [1]IPN Kiel
Markus S. Feser[1]
Knut Neumann[1]

Digitale Messwerterfassung im Physikunterricht planen und durchführen

Experimente sind ein zentraler Bestandteil der Erkenntnisgewinnung, sowohl in der physikalischen Forschung als auch im Physikunterricht. In der physikalischen Forschung erfolgt die Messwerterfassung dabei inzwischen nahezu ausschließlich digital gestützt (Girwidz, 2020; Hopf et al., 2022; Muckenfuß, 1995). Um im Physikunterricht ein adäquates Bild aktueller naturwissenschaftlicher Forschung zu vermitteln, sollte auch hier digitale Messwerterfassung (kurz DME) eingesetzt werden (KMK, 2024; Wilhelm, 2023). Im Sinne einer Wissenschaftspropädeutik ist die Vermittlung entsprechender Kompetenzen sogar unabdingbar (KMK, 2016, 2024). Nicht zuletzt werden durch den Einsatz von DME die experimentellen Möglichkeiten im Physikunterricht erweitert (Hopf et al., 2022): So können Phänomene untersucht werden, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind, (z. B. die Veränderung des Luftdrucks mit der Höhe), für die Untersuchung in einer Physikstunde zu schnell (z. B. der freie Fall eines Gegenstandes) oder zu langsam (z. B. die Veränderung der Helligkeit während eines Tag-Nacht-Zyklus) ablaufen. Der Einsatz von DME kann außerdem die Motivation und das Interesse sowie das Autonomieerleben der Schüler:innen fördern (Kuhn & Vogt, 2019).

Der Einsatz von DME im Physikunterricht

Seit den 1980er Jahren existieren Möglichkeiten, Experimente im Physikunterricht mit DME zu stützen (Wilhelm, 2023). Bis heute kann allerdings kein flächendeckender und lernwirksamer Einzug in den Physikunterricht beobachtet werden (Kremer, 2015). Wenn überhaupt wird DME durch Lehrkräfte im Rahmen von Demonstrationsexperimenten genutzt, weniger jedoch von Schüler:innen selbst (Nerdel & Kotzebue, 2020; Wilhelm & Trefzger, 2010). Da auch der Einsatz von Mikrocontrollern, wie z. B. Arduinos, die in ihrer Anschaffung deutlich günstiger als die kommerziellen Messwerterfassungssysteme sind, noch eine neuere Entwicklung ist (Walkowiak et al., 2018), können hohe Anschaffungskosten nicht der einzige Grund sein, der Lehrkräfte vom Einsatz von DME in ihrem Physikunterricht abhält.

Daher liegt die Vermutung nahe, dass eine entsprechende Professionalisierung von Lehrkräften in Aus- und Fortbildungsmaßnahmen bislang nicht hinreichend stattfindet. Um dem entgegenzuwirken, wird im Projektverbund DigiProMIN (für Details siehe Lenzer & Feser, in diesem Band) eine mehrteilige Lehrkräftefortbildung entwickelt. Diese soll die teilnehmenden Lehrkräfte mit DME vertraut machen und sie dazu befähigen, diese in ihren Physikunterricht zu integrieren. Ein zentrales Design-Prinzip dieser und auch der weiteren für das Fach Physik entwickelten Fortbildungen im Projektverbund DigiProMIN ist das forschend-entdeckende Lernen nach Krajcik und Kolleg:innen (Krajcik & Czernaik, 2018; siehe dazu auch Neumann et al., in diesem Band). Das Planen und Durchführen von Untersuchungen – ein zentraler Bestandteil des forschend-entdeckenden Lernens nach Krajcik und Kolleg:innen – steht dabei in der im vorliegenden Beitrag vorgestellten Fortbildungen im Fokus.

Ein Fortbildungsmodul zum Einsatz von DME im Physikunterricht

Design. Ziel des Fortbildungsmoduls ist es, den teilnehmenden Lehrkräften Fähigkeiten und Fertigkeiten zu vermitteln, die es ihnen ermöglichen (a) DME in Physikunterricht selbst einsetzen zu können, (b) Schulexperimente hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz von DME bewerten zu können, und (c) den strukturierten Einsatz von DME in ihrem eigenen Unterricht planen und durchführen zu können. Das entwickelte Fortbildungsmodul besteht aus einer Kombination von Präsenz-, Selbstlern- und Praxisphasen, deren Abfolge in Abb. 1 dargestellt ist. Insgesamt umfasst das Fortbildungsmodul drei Präsenztermine und zwei jeweils vier Wochen andauernde asynchrone Phasen. Während des gesamten Moduls arbeiten die Lehrkräfte mit der Plattform Moodle als digitales Arbeitsbuch, in dem alle Materialien der Fortbildung auch für den späteren Gebrauch hinterlegt sind.

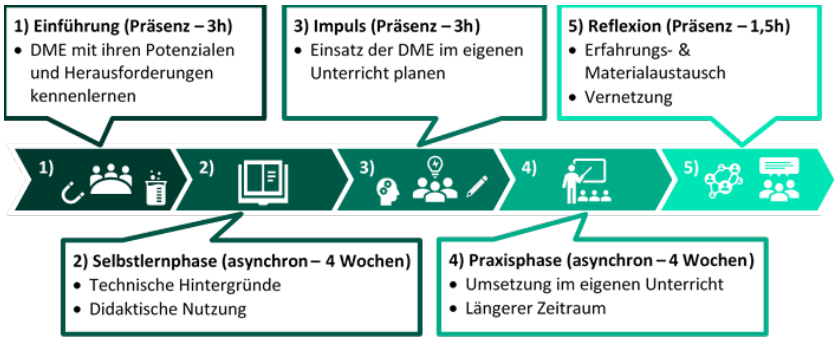

Abb. 1. Design der entwickelten Fortbildung.

Zunächst kommen die Lehrkräfte in einer 1) Einführungssitzung zusammen. In dieser lernen sie das im Fortbildungsmodul verwendete System zur DME – den Laborino (Block & Schulze, 2024) – kennen und probieren dieses selbstständig aus. Außerdem diskutieren sie Potenziale und Herausforderungen der DME. In der anschließenden 2) Selbstlernphase (realisiert im Moodle-Kurs) setzen sich die teilnehmenden Lehrkräfte selbstständig und nach ihrem eigenen Ermessen mit den technischen Grundlagen der DME sowie der Funktionsweise verschiedener Sensoren auseinander. Außerdem erhalten sie z. B. mit Strukturierungshilfen für Experimente Informationen dazu, wie sie die DME aus didaktischer Perspektive gewinnbringend in ihren Physikunterricht integrieren können. Ziel dieser Selbstlerneinheit ist es, dass sich die Lehrkräfte nach ihrem Ermessen mit den technischen sowie didaktischen Inhalten auseinandersetzen können, um so möglichst alle Lehrkräfte auf den gleichen Stand für die nächste Präsenzsitzung zu bringen. Ausgehend von einem Impuls – einem konkreten Experiment aus der Mechanik – wird in der 3) Impulssitzung der Einsatz von DME im (eigenen) Physikunterricht gemeinsam anhand eines konkreten Beispiels geplant. Die Lehrkräfte können für diese Sitzung auch eine eigene Unterrichtseinheit mitbringen, in die sie gerne DME integrieren möchten. Dabei haben sie auch die Möglichkeit sich untereinander auszutauschen und sich gegenseitig Feedback für ihre Unterrichtsplanungen zu geben. Mit der anschließenden 4) Praxisphase haben die Lehrkräfte über einen Zeitraum von vier Wochen die Gelegenheit, den Einsatz von DME auf Grundlage der in den vorherigen Sitzungen erworbenen Kenntnisse in ihrem eigenen Physikunterricht zu erproben. Dieser längere Zeitraum soll sicherstellen, dass die Lehrkräfte viele Gelegenheiten haben, DME in ihrem eigenen Physikunterricht einzusetzen. Den Abschluss der Fortbildung bildet eine 5) Reflexionssitzung, in der die Lehrkräfte ein letztes Mal in Präsenz zusammenkommen und

über ihre Praxiserfahrungen mit dem Einsatz von DME diskutieren. Der Fokus liegt dabei auf dem Austausch von Erfahrungen und Material sowie auf einer (stärkeren) Vernetzung der Lehrkräfte untereinander und der Initiierung von sog. Communities of Practice (Wenger, 1999). Damit soll ein Rahmen geschaffen werden, in dem die Lehrkräfte auch über die Fortbildung hinaus zusammenarbeiten und sich gegenseitig beim Einsatz von DME im Physikunterricht unterstützen können.

Pilotierung und Evaluation.
Die Phasen 1) bis 3) der entwickelten Fortbildung wurden im Sommersemester 2024 mit Lehramtsstudierenden im Master der CAU Kiel pilotiert. Neben online Feedback-Tools im verwendeten Moodle-Kurs konnten die Studierenden auch freiwillig an einem Interview zur Evaluation des Fortbildungspiloten teilnehmen. In der Evaluation zeigten sich die Teilnehmenden auf der einen Seite begeistert gegenüber dem eingesetzten System zur DME (dem Laborino), auf der anderen Seite wurde der Wunsch nach weiteren konkreten Einsatzbeispielen für den Physikunterricht formuliert. Abb. 2 zeigt entsprechende Feedback-äußerung der Studierenden zum Fortbildungspiloten.

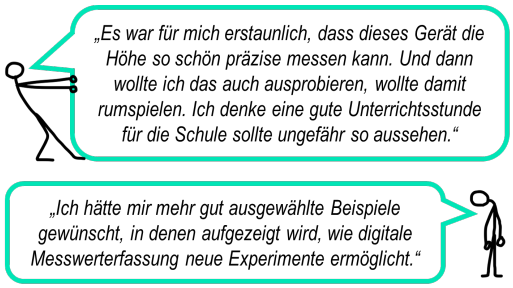

Abb. 2. Exemplarische Eindrücke von Studierenden zur ersten Version des Moduls.

Ausblick
Weiterentwicklung der Fortbildung. Im Anschluss an eine Überarbeitungsschleife wird die Fortbildung im Herbst 2024 für Lehrkräfte angeboten. Weitere Durchführungszyklen sind in Planung. Die langfristige Nutzung der Fortbildung soll über das Einspielen in das bundesweite System „ComPleTT“ sichergestellt werden.

Begleitende Forschung. Im Rahmen der oben erwähnten Interviews zur Evaluation des Fortbildungspiloten wurden die Studierenden außerdem zu ihren Vorstellungen und Orientierungen hinsichtlich des Einsatzes von DME befragt. Damit der Einsatz von DME aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden kann, unterteilte sich das Interview in mehrere Blöcke. Zur Annäherung an die Forschungsfrage, welche Absichten (angehende) Physiklehrkräfte in Bezug auf den Einsatz von DME haben und wie diese im Rahmen einer Fortbildung bestärkt werden (können), wurden die Studierenden zu ihren Handlungsintentionen im Sinne der Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1991) hinsichtlich des Einsatzes von DME befragt. Zwei weitere Blöcke des Interviews befassten sich mit der Ressourcen-Nutzung zur Implementation fachdidaktischer Innovationen im Physikunterricht (Hott et al., under review) sowie der professionellen Identität (Feser & Haak, 2023) der angehenden Physiklehrkräfte.

Literatur

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Block, D. & Schulze, C. (2024, 24. Oktober). *Laborino – dein Labor für die Hosentasche.* Laborino. https://uksph-v-la035.physik.uni-kiel.de/autogenerated-96/

Feser, M. S. & Haak, I. (2023). Key features of teacher identity: a systematic meta-review study with special focus on teachers of science or science-related subjects. Studies in Science Education, 59(2), 287–320. https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2108644

Girwidz, R. (2020). Experimente im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), Physikdidaktik | Grundlagen (S. 263–291). Springer Berlin Heidelberg.

Hott, J.; Sorge, S.; Breuer, J.; Neumann, K. (under review) Die Förderung persönlicher, materialer und sozialer Ressourcen für die Implementation komplexer Innovationen im naturwissenschaftlichen Unterricht [Arbeitstitel].

Hopf, M., Schecker, H., Höttecke, D., Wiesner, H. (Hrsg.) (2022). Physikdidaktik kompakt. 1. Vollständig neu bearbeitete Auflage.

Krajcik, J. S., & Czerniak, C. L. (2018). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based learning approach*. Routledge.

Kremer, M. (2015). Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen: Experimente mit Messwerterfassung in den Fächern Biologie, Chemie, Physik. MNU Themenreihe Bildungsstandards.

Kuhn, J. & Vogt, P. (2019). Physik ganz smart: Die Gesetze der Welt mit dem Smartphone entdecken. Lehrbuch. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59266-3

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

Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Zugl.: Kurzfassung von: Weingarten, Pädag. Hochsch., Diss., 1995 (1. Aufl.). Cornelsen.

Nerdel, C. & Kotzebue, L. von (2020). Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Aufgaben für die Lehrerbildung. Zeitschrift für Pädagogik, 66, 159–173. https://doi.org/10.25656/01:25789 (Zeitschrift für Pädagogik 66 (2020) 2, S. 159-173).

Neumann, K., Feser, M. S., Vorholzer, A. (in diesem Band). Digital gestützte Individualisierung bei forschend-entdeckendem Lernen. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2024*. Universität Duisburg-Essen

Sekretariat der Ständigen Kultusministerkonferenz der Länder der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz.

Sekretariat der Ständigen Kultusministerkonferenz der Länder der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2024). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik (MSA).

Walkowiak, M., Schneeweiß, N., Nehring, A. & Schanze, S. (2018). Potenziale von Messwerterfassungssystemen im Chemieunterricht. In B. Barzel & G. Heckmann (Vorsitz), *Sensorgestütztes Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.* Symposium im Rahmen der Tagung von Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V.; T3-Fortbildungsnetzwerk, München und Essen.

Wenger, E. (1998). Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932

Wilhelm, T. (Hrsg.). (2023). Digital Physik unterrichten: Grundlagen, Impulse und Perspektiven (1. Auflage 2023). Klett Kallmeyer. https://elibrary.utb.de/doi/book/10.5555/9783772717017

Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.