

Förderung der TPCK-Kompetenzen von zukünftigen Physiklehrkräften im Bereich digitaler Messwerterfassungssysteme

Hintergrund und Ziel des Projekts

Der naturwissenschaftliche Unterricht kann durch den Einsatz von hochspezifischen digitalen Medien, wie z.B. der Videoanalyse oder durch digitale Messwerterfassungssysteme so modifiziert werden, dass ein echter Mehrwert entsteht (Puentedura, 2010). Dafür müssen angehende Lehrkräfte in den Naturwissenschaften jedoch entsprechende TPCK-Kompetenzen erwerben (Koehler et al., 2014) und entsprechende Beliefs zum Einsatz digitaler Medien aufweisen (Petko, 2012). Jüngere Forschungsarbeiten zu den naturwissenschaftsspezifischen digitalen Kompetenzen deuten jedoch darauf hin, dass bei angehenden Lehrkräften kaum Vorerfahrungen zu naturwissenschaftsspezifischen Einsatzformen digitaler Medien vorliegen und die eigene Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht eher gering eingeschätzt wird (Vogelsang, Laumann, Tyssen, & Finger, 2017; Bos et al., 2018). Darüber hinaus empfinden sich Lehrkräfte im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien häufig als unzureichend vorbereitet (Chai, Koh, & Tsai, 2013). Es ist anzunehmen, dass dieser Effekt daher rührt, dass TPCK-Kompetenzen in den Lehramtsstudiengängen bisher wenig curricular verankert sind. Mayer und Girwidz (2019) berichten, dass durch ausgeprägte TPCK-Kompetenz der Lehrenden eine Verwendung von digitalen Medien im Unterricht wahrscheinlicher wird, da sie deren Verwendung als relevanter einschätzen. Zudem deuten erste Ergebnisse darauf hin, dass es sehr wohl möglich ist, mit hochspezifischen Lehrveranstaltungen zu digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht entsprechende Beliefs und motivationale Komponenten positiv zu verändern (u.a. Vogelsang et al., 2017).

Zentrale physikspezifische TPCK-Kompetenzen zukünftiger Physiklehrkräfte sind insbesondere mit dem Einsatz von digitalen Systemen zur Erfassung von Messwerten aus physikalischen Schulexperimenten verknüpft. Darunter verstehen wir den Aufbau der Messwerterfassungssysteme, das (ggf. automatisierte) Aufzeichnen von Messdaten mittels der digitalen Erfassungssysteme und die softwarebasierte Auswertung der digitalisierten Messdaten. Entsprechende Systeme wie z.B. Leybold Cassy, Phywe Cobra, Vernier, Arduino oder digitale Oszilloskope existieren bereits seit mehreren Jahrzehnten, dennoch werden digitale Messwerterfassungs- (dMWE) Systeme im Physikunterricht noch immer vergleichsweise selten eingesetzt (Wilhelm & Trefzger, 2010; Wenzel & Wilhelm, 2015). Vor diesem Hintergrund, sollen im Rahmen des hochschulweiten Forschungsprojekts „Nachhaltige Integration von fachdidaktischen digitalen Lehr-Lern-Konzepten an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe“ (InDiKo, Qualitätsoffensive Lehrerbildung) im Teilprojekt Physik physikspezifische Digitalkompetenzen zum Umgang mit dMWE-Systemen gefördert werden.

Methode

Zur Umsetzung der geplanten Zielsetzung sind die drei Phasen (a) Bestimmung und Beschreibung physikspezifischer digitaler Technologiekompetenzen, (b) Förderung physikspezifischer digitaler Technologiekompetenzen mittels Experimentieren unter Verwendung von dMWE-Systemen und (c) Evaluierung der geförderten physikspezifischen digitalen Technologiekompetenzen und Transfer vorgesehen.

Fokus der Phase (a) liegt auf der Identifikation der physikspezifischen TPCK-Kompetenzen beim Experimentieren mit dMWE-Systemen. Hierbei sollen exemplarisch durchgeführte Experimente mit dMWE-Systemen mithilfe der Methode Lautes Denken aufgezeichnet werden, um die Handlungen der Testpersonen nachvollziehen zu können. Anschließend soll in einem induktiven Auswerteverfahren eine Kategorisierung vorgenommen werden, um hieraus die physikspezifischen digitalen Technologiekompetenzen beim Experimentieren mit dMWE-Systemen bestimmen zu können. In einem weiteren Schritt sollen die erhaltenen Kompetenzen durch Experteninterviews evaluiert werden. Abbildung 1 zeigt antizipierte Ergebnisse der Kategorisierung.

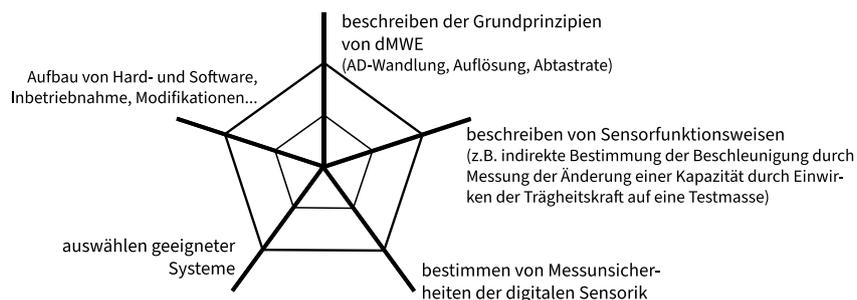


Abb. 1: Mögliche antizipierte Ergebnisse der Identifikation von physikspezifischer digitaler Technologiekompetenz zum Experimentieren mit dMWE-Systemen (Barzel & Heckmann, 2018; Finger et al., 2020); Grafik in Anlehnung an Maiseyenko et al. (2013).

Ziel der Phase (b) ist die Umstrukturierung der physikalischen Praktika an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe, von der Verwendung analoger Messtechnik (z.B. Laborbuch, ...) hin zu dMWE-Systemen (z.B. Cassy, Phywe, Arduino, ...) zur Messdatenerhebung beim Experimentieren.

Die konzipierten Experimente sollen anschließend in der letzten Projektphase (c) in den Grundlagenpraktika erprobt werden. Hierbei soll geprüft werden, wie stark die Selbstwirksamkeit der Studierenden im Bereich der identifizierten physikspezifischen digitalen Technologiekompetenzen beim Experimentieren mit dMWE-Systemen (siehe Abb. 1), im Vergleich zum Zeitpunkt vor Beginn des Experimentierens, gestiegen ist. Weiter ist es geplant, die digitalen Lernumgebungen in Form von digitalen Lernumgebungen (sog. Pattern-Ansatz nach Thompson, 2013) an die anderen Teilprojekte von InDiKo zu disseminieren.

Fachdidaktische Begleitforschung

Ein positiver Nebeneffekt der Verwendung von dMWE-Systemen ist, dass sie das Potential bieten, ohne Mehraufwand große Mengen an Messdaten zu sammeln. Hierbei können die großen Datenmengen über einen sehr langen Zeitraum (u.a. interessant im Bereich der Umwelt- und Astrophysik) oder mit einer sehr schnellen Sampling-Rate (u.a. interessant im Bereich der Akustik) automatisiert aufgezeichnet werden. Bisherige Forschungsarbeiten konnten zeigen, dass durch die Variation der Datenmenge (hier: bis zu 30 Datenpunkte) der Prozess des naturwissenschaftlichen Argumentierens beeinflusst wird (Masnick & Morris, 2002; 2008). Es ist zu erwarten, dass bei viel größeren Datenmengen, wie sie mittels dMWE-Systeme erzeugt werden können, die beschriebenen Effekte einerseits noch größer werden und andererseits, dass weitere Effekte wie z.B. der Grad der Überzeugung in Bezug auf die Richtigkeit einer Hypothese oder der Cognitive Load (Osborne et al., 2016) Einfluss auf das Argumentieren nehmen. Hofer und Pintrich (2007) schlagen ein Modell der

erkenntnistheoretischen Überzeugungen vor, welches die Evaluation von Evidenzen als Aspekt der Rechtfertigung von Wissen („justification of knowledge“) zuordnet, welches wiederum ein Teilaspekt der „nature of knowing“ ist und somit mit den epistemologischen Überzeugungen zusammenhängt. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass mit zunehmender Datenmenge eine Zunahme der wahrgenommenen Evidenz vermutet wird und somit der Prozess des Bildens von Argumenten beeinflusst wird (Toulmin, 1958; Gott & Duggan, 1995; Masnick, Klahr, & Knowles, 2017; Buffler, Lubben, & Ibrahim, 2009; Etkina et al., 2010). Es ist zudem davon auszugehen, dass die Auswertung von großen Datenmengen bei Lernenden zu einem höheren intrinsischen Cognitive Load führt und ebenfalls die Argumentation beeinflusst (Arnold, 2015; Kirschner, Sweller, & Clark, 2006; Chandler & Sweller, 1991). Ebenfalls kann die Art der Datenauswertung die kognitive Belastung variieren (Etkina et al., 2010). Beispielsweise kann hier eine Unterscheidung zwischen analytischen und grafischen Auswertungsverfahren genannt werden, die beide als kognitive Prozesse zu verstehen sind. Es ist bisher ungeklärt wie große Datenmengen im Physikunterricht fachdidaktisch sinnvoll eingesetzt werden können. Aus diesem Aspekt heraus soll im Rahmen eines Promotionsprojekts untersucht werden, wie die Anzahl der Datenpunkte a) den Cognitive Load bei der Auswertung eines Experiments beeinflusst, b) den Grad der Überzeugung für eine physikalische Hypothese verändert und c) die Argumentation anhand dieser Daten verändert, z.B. in Bezug auf das Heranziehen von Messdaten als Evidenz (Ludwig, 2017; Ludwig, Priemer, & Lewalter, 2019).

Literatur

- Arnold, J. C. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.
- Barzel, B. & Heckmann, G. (2018). *Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht im Zeitalter der Digitalisierung. Stellungnahme zum Erwerb fachlicher und fachdidaktischer Kompetenzen in der Lehramtsausbildung*. Lehrerfortbildungnetzwerk T3.
- Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Eickelmann, B., Kammerl, R. & Welling, S. (2016). *Schule digital – der Länderindikator 2016*. Münster: Waxmann.
- Buffler, A., Lubben, F. & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1137-1156.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31-51.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R. & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities: Learning in Introductory Physics Laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thomas, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzbue, L. (2020). *Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN*. In Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, (S. 14-43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The Development of Epistemological Theories: Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance Does Not Work. An Analysis of the Failure of constructivistic Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry Based Learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Koehler, J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. & Graham, C. R. (2014). „The technological pedagogical content knowledge framework“ in *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 4th ed, J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Edt.). (Dordrecht: Springer), 12, 101-111.

- Ludwig, T. (2017). Argumentieren beim Experimentieren – Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren (Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Ludwig, T., Priemer, B. & Lewalter, D. (2019). Assessing Secondary School Students' Justifications for Supporting or Rejecting a Scientific Hypothesis in the Physics Lab. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09862-4>
- Maiseyenko, V., Schrecker, H. & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1-17.
- Masnack, A. M. & Klahr, D. & Knowles, E. R. (2017). Data-Driven Belief Revision in Children and Adults. *Journal of Cognition and Development*, 18(1), 87-109.
- Masnack, A. M. & Morris, B. J. (2002). Reasoning from Data: The Effect of Sample Size and Variability on Children's and Adults' Conclusions. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 24(24), 643-648.
- Masnack, A. M. & Morris, B. J. (2008). Investigating the Development of Data Evaluation: The Role of Data Characteristics. *Child Dev*, 79(4), 1032-1048.
- Mayer, P. & Girwidz, R. (2019). Physics Teachers' Acceptance of Multimedia Applications—Adaptation of the Technology Acceptance Model to Investigate the Influence of TPACK on Physics Teachers' Acceptance Behavior of Multimedia Applications. *Frontiers in Education*, 4.
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A. & Yao, S.-Y. (2016). The Development and Validation of a Learning Progression for Argumentation in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846.
- Petko, D. (2012). Hemmende und förderliche Faktoren des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht: Empirische Befunde und forschungsmethodische Probleme. *Jahrbuch Medienpädagogik*, 9, 29-50.
- Puentedura, R. (2010). *Substitution; Augmentation; Modification and Redefinition*. Verfügbar unter <http://hippasus.com/rpweblog>, Zugriff: 24.09.2020.
- Thompson, P. (2013). The digital natives as learners: Technology use patterns and approaches to learning. *Computer & Education*, 65, 12-33.
- Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument*. New York: Cambridge University Press.
- Vogelsang, C., Laumann, D., Thyssen, C. & Finger, A. (2017). Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht als Teil der Lehrerbildung – Analysen aus der Evaluation der Lehrinitiative Kolleg Didaktik. In *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Jahrestagung in 2017*.
- Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover 2010. In: *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Berlin: FU Berlin.
- Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2015). Neue Medien im Schülerlabor. In Bernholt, S. (Hrsg.): *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014*, 35, 684-686.