

# Zukünfte Technischer Bildung

Jahrestagung der

DGTB

Book of  
Abstracts

Baudisch, Patrick

Hasso Plattner Institut an der Uni Potsdam

### KYUB – physisch bauen in der digitalen Zukunft

Alle reden von Digitalisierung. Wir kommen aus dem Hasso-Plattner-Institut und sind damit bereits 100 Prozent digital. Das erlaubt uns einen Schritt weiterzudenken: Was passiert eigentlich nach der Digitalisierung – was, wenn alles und alle digital sind? Welches sind die Folgen für Lernende und damit langfristig für die Gesellschaft? Auf dieser Frage baut unsere Vision auf: Vielleicht muss Digitalisierung ja gar nicht auf Kosten des Analogenen, des Physischen gehen. Vielleicht können die beiden Gegensätze ja einander ergänzen. Das ist genau die Idee hinter KYUB, unserem System für projektbezogenes, physisches Lernen im Schulunterricht. Es ist das weltweit einzige System, das das Entwerfen und Prototyping von Objekten bis zur Größe eines Stuhls innerhalb von Unterrichteinheiten ermöglicht. KYUB wurde am Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering unter meiner Leitung erforscht und entwickelt. Geschützt durch vier Patente umfasst das System nicht nur interaktive Software und Lerninhalte, sondern auch die Steuerung von Fertigungsmaschinen, wie zum Beispiel Laser-Cutter.

KYUB enthält eine Bibliothek fächerübergreifender Lerninhalte, in deren Mittelpunkt jeweils ein Gegenstand steht. Deren Auswahl ist ambitioniert, so gibt es beispielsweise belastbare Möbelstücke und spielbare Musikinstrumente. Sie werden erst von den Lernenden im Webbrowser konstruiert und gestaltet, dann später physisch hergestellt. Durch das zielorientierte, praktische Machen entstehen Interesse, Engagement und Spaß. Zugänge zu darunter liegenden Lerninhalten aus anderen Schulfächern werden eröffnet. Unser System wird gerade erstmals in einer Gesamtschule in Brandenburg auf Basis einer fünfjährigen Zusammenarbeit eingesetzt. Ein erstes Projekt läuft in den achten Klassen: an 15 Projekttagen verteilt über das Schulhalbjahr planen und bauen 120 Schülerinnen und Schüler jeweils ihre eigene Cajon und gestalten am Ende mit diesen Instrumenten ein Abschlusskonzert. Neben WAT sind die Fächer Mathematik, Physik, Englisch und Musik im Team.

Zitat Alexander Otto (49), Schulleiter der Grace-Hopper-Gesamtschule/Teltow:

“Schule muss Freude machen, das gilt für die Kinder genauso wie für uns Lehrkräfte, Stichwort Lehrermangel. Schule sollte vorbereiten auf eine Berufswelt im 21. Jahrhundert. Schule sollte Berufsorientierung möglich machen, Stichwort Fachkräftemangel. Vieles davon, erhoffe ich mir mit KYUB umzusetzen.”

Literatur:

Patrick Baudisch, Arthur Silber, Yannis Kommana, Milan Gruner, Ludwig Wall, Kevin Reuss, Lukas Heilman, Robert Kovacs, Daniel Rechlitz, and Thijs Roumen. 2019. Kyub: a 3D Editor for Modeling Sturdy Laser-Cut Objects. In 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings (CHI 2019), May 4–9, 2019, Glasgow, Scotland, UK. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300796> <https://www.youtube.com/watch?v=7QXbwj9nT9Y>;

Keunwoo Park, Conrad Lempert, Muhammad Abdullah, Shohei Katakura, Jotaro Shigeyama, Thijs Roumen, and Patrick Baudisch. 2022. FoolProof Joint: Reducing Assembly Errors of Laser Cut 3D Models by Means of Custom Joint Patterns. In CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '22), April 29–May 05, 2022, New Orleans, LA, USA. ACM, New York, NY, USA, 12 pages. <https://doi.org/10.1145/3491102.3501919> <https://hpi.de/baudisch/projects/foolproofjoint.html>;

Thijs Roumen, Yannis Kommana, Ingo Apel, Conrad Lempert, Markus Brand, Erik Brendel, Laurenz Seidel, Lukas Rambold, Carl Goedecken, Pascal Crenzin, Ben Hurdelhey, Muhammad Abdullah, and Patrick Baudisch assembler3: 3D Reconstruction of Laser-Cut Models in Proceedings of CHI'21. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445453> <https://hpi.de/baudisch/projects/assembler3.html>;

Annette Kuhn. 21.9.2021. KYUB will digitales und analoges Lernen verbinden. Deutsches Schulportal der Robert Bosch Stiftung. <https://deutsches-schulportal.de/unterricht/kyub-will-digitales-und-analoges-lernen-verbinden>.

## Absolvent\*innen der technischen Fach- und Fachoberschulen als (neue) Zielgruppe für das Studium Lehramt an berufsbildenden Schulen (Ingenieurpädagogik)

Der steigende Bedarf an Lehrer\*innen für die gewerblich-technischen Fachrichtungen an den berufsbildenden Schulen (Bünning et al., 2020; Frommberger & Lange, 2018; Kremer & Weyland, 2023) erfordert die noch stärkere Erschließung neuer Zielgruppen, die vorher nicht zwingend im Fokus des Studierendenmarketings der Universitäten standen, um die Studierendenzahlen in der Ingenieurpädagogik zu steigern. Eine mögliche (neue) Zielgruppe bilden dabei die Schüler\*innen der technischen Fach- und Fachoberschulen an den berufsbildenden Schulen in Sachsen-Anhalt (Jenewein et al., 2023). Die Fachoberschule (Ingenieurtechnik) eine vertiefte berufliche Bildung und schließt mit der Fachhochschulreife ab (Klemme, 2020). Technische Fachschulen (Bau-, Elektro- und Maschinentchnik) ermöglichen die Fachhochschulreife und schließen mit dem staatlich-geprüften Techniker\*in (Techniker\*in Bachelor Professional) ab (Klemme, 2020). Kooperationen von Berufsbildenden Schulen, Hochschulen und Universitäten können systematisch erweiterte Zugangsmöglichkeiten in das Studium des Lehramts schaffen, z. B. für Interessierte ohne allgemeine Hochschulreife, die sonst keinen Zugang zu einer Universität hätten (Hörmann, 2021; Petzold-Rudolph et al., 2022).

Für die Absolvent\*innen der Fachoberschule existieren zwischen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Hochschule Harz sowie der Hochschule Merseburg entsprechende Kooperationsvereinbarungen. Hier können sich Studierende des Bachelorstudiengangs „Ingenieurpädagogik“ nach erfolgreichem Abschluss ihres Bachelorstudiums ohne Auflagen in den Masterstudiengang „Lehramt an berufsbildenden Schulen (Ingenieurpädagogik)“ an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg immatrikulieren. Möglich ist dies u.a. dadurch, dass in den Bachelorstudiengang „Ingenieurpädagogik“ an den beiden Hochschulen bereits unter Einbindung von Lehranteilen der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ausgebildet wird. Für die Absolvent\*innen der technischen Fachschulen existiert an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ein Modell, das es ermöglicht, dass außerhalb der Hochschule erworbene Nachweise über Kenntnisse und Fähigkeiten mit maximal bis zu 50 % für das Bachelorstudium „Lehramt - Bildung - Beruf (berufsbildend)“ anerkannt werden können, sofern diese einschlägig und nach Inhalt und Niveau des Studiums gleichwertig sind. Der Beitrag gibt einen vertieften Einblick in beide Modelle zur Erschließung (neuer) Zielgruppen für das Studium Lehramt an berufsbildenden Schulen (Ingenieurpädagogik).

### Literatur:

- Frommberger, D.; Lange, S. (2018): Zur Ausbildung von Lehrkräften für berufsbildende Schulen. Forschungsförderung Working Paper, Düsseldorf;
- Hörmann, M.: Lehrkräftebildung. Neue Zielgruppen - Eine Analyse der Eingangssituation von Studienanfänger:innen der Ingenieurpädagogik. In: Bildung und Beruf 4 (2021) 11/12, S. 380-384;
- Jenewein, K.; Frenz, M.; Müller, M.; Pascoe, C.; Zechiel, O. (2023): Handlungskonzept "Reziproke Übergänge auf DQR-Niveau 6". Forschungsförderung Working Paper, Düsseldorf;
- Kremer, H.-Hugo; Weyland, Ulrike: Zur aktuellen Entwicklung der Lehrkräftebildung im berufsbildenden Bereich. Eine kritische Analyse - In: Erziehungswissenschaft 34 (2023) 67, S. 53-61. DOI: 10.25656/01:28294;
- Petzold-Rudolph, K., Stobbe, L. & Kuhlee, D. (2022). Ausbildung berufsschulischen Lehrpersonals in Hochschulkooperationen: Soziale Studienintegration und Studiencommitment fördern. Bonn: Franz Steiner Verlag.

### Lehrpersonenfortbildungen für Big Data und Machine Learning im natur- und technikwissenschaftlichen Unterricht. Eine Konzeptidee.

Das Thema Künstliche Intelligenz im Bildungsbereich wird aktuell in zahlreichen Publikationen aufgegriffen (Marx et al., 2023; Nepper & Ruch, 2023; Rizvi et al., 2023). Unterschiedliche Expert:innengruppen betonen die Bedeutsamkeit von KI-Kompetenzen für Schüler:innen, die sie zu konstruktiv-kritischen KI-Nutzer:innen befähigen sollen (GI, 2018; KMK, 2021; Köller et al., 2022; OECD, 2020). Hinsichtlich dieser Ausgangssituation erscheint es bedeutsam, wie Lehrpersonen zu diesen Themen fortgebildet werden. Unterschiedliche Ansätze zu Lehrpersonenfortbildungen existieren bereits (Autorengruppe IT2School, 2022; Baumer et al., 2023; ISB, 2023). Jedoch ist der Forschungsstand hinsichtlich existierender KI-Fortbildungen für Lehrpersonen im natur- und technikwissenschaftlichen Bereich wenig ausgeprägt (Lorenz & Romeike, 2023). Unter Berücksichtigung aktueller Rahmenwerke wie z. B. dem AI-PACK oder dem DiKoLAN (Lorenz & Romeike, 2023; Thyssen et al., 2020), werden Konzepte für einschlägige Lehrpersonenfortbildungen für den natur- und technikwissenschaftlichen Bereich ausgearbeitet. Die Konzeption orientiert sich am Educational-Design-Research Ansatz (McKenney & Reeves, 2014). Den Ausgangspunkt liefert eine Bedarfsanalyse aus der schulischen Praxis mit Lehrpersonen des Unterrichtsfachs Naturwissenschaft und Technik in Baden-Württemberg für Sekundarstufe I und II. Für die Konzeption werden bisherige Forschungsergebnisse im Bereich der Integration von KI-Kompetenzen und Data Literacy in der MINT-Bildung einbezogen (Grillenberger & Romeike, 2018; Olari, Tenório & Romeike, 2023; Olari et al., 2023). Darauf aufbauend soll eine Unterrichtsreihe entwickelt werden, die Data Literacy fördert und Maschinelles Lernen mit inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen in den natur- und technikwissenschaftlichen Unterricht integriert. Im Anschluss wird die Unterrichtsreihe an Schulen pilotiert, mit Schüler:innen und Lehrpersonen evaluiert und in Kooperation mit Lehrpersonen in iterativen Zyklen optimiert. Die erprobten Konzepte werden in eine adaptive hybride Lehr-Lernlandschaft (Pittich & Tenberg, 2020) eingebettet und für die Fortbildung von Lehrpersonen nutzbar gemacht. Der vorliegende Beitrag umreißt (1.) den aktuellen Forschungsstand zu Unterrichtsmaterial zu Data Literacy und KI in der MINT Bildung, (2.) die projektbezogenen Vorarbeiten und den aktuellen Entwicklungsstand der Weiterbildung sowie (3.) eine konstruktiv-kritische Diskussion des Forschungskonzepts.

#### Literatur:

- Autorengruppe IT2School. (2022). IT2School Gemeinsam IT entdecken Einleitung KI-Module. [https://www.wissensfabrik.de/wp-content/uploads/2023/06/KI-Module\\_Gesamt\\_PDF\\_Webseite.pdf](https://www.wissensfabrik.de/wp-content/uploads/2023/06/KI-Module_Gesamt_PDF_Webseite.pdf);
- Baumer, S., Jetzinger, F. & Michaeli, T. (2023). Künstliche Intelligenz im verpflichtenden Informatikunterricht: Ein skalierbares Fortbildungsangebot für Informatikerkräfte. INFORMATIK 2023, Workshop KI Bildung, 1–4. [https://computingeducation.de/pub/2023\\_baumer-jetzinger-michaeli\\_ki-bildung23.pdf](https://computingeducation.de/pub/2023_baumer-jetzinger-michaeli_ki-bildung23.pdf)
- GI. (2018); Stellungnahme der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) zur Nationalen Strategie für Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Gesellschaft für Informatik. [https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/2018-12-05\\_Stellungnahme\\_KI\\_Strategie\\_.pdf](https://gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/2018-12-05_Stellungnahme_KI_Strategie_.pdf)
- ISB. (2023); Der Lernbereich „Künstliche Intelligenz“ in der Jahrgangsstufe 11 des Gymnasiums (Informatik und spät beginnende Informatik) Erläuterungen und Materialien für Lehrkräfte. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB). [https://www.isb.bayern.de/fileadmin/user\\_upload/Gymnasium/Faecher/Informatik/Handreichungen/Kuenstliche\\_Intelligenz/isb\\_kuenstliche\\_intelligenz\\_in\\_jgst\\_11.pdf](https://www.isb.bayern.de/fileadmin/user_upload/Gymnasium/Faecher/Informatik/Handreichungen/Kuenstliche_Intelligenz/isb_kuenstliche_intelligenz_in_jgst_11.pdf)
- KMK. (2021); Lehren und Lernen in einer digitalen Welt. Die ergänzende Empfehlung zur Strategie “Bildung in der digitalen Welt”: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021. Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_12\\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf);

- Köller, O., Thiel, F., van Ackeren, I., Anders, Y., Becker-Mrotzek, M., Cress, U., Diehl, C., Kleickmann, T., Lütje-Klose, B., Prediger, S., Seeber, S., Ziegler, B., Kuper, H., Stanat, P., Maaz, K. & Lewalter, D. (2022). Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz. Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK). <https://doi.org/10.25656/01:25273>
- Lorenz, U. & Romeike, R. (2023); AI-PACK – Eine Annäherung an den KI-bezogenen Bereich der Digitalkompetenz für Lehrkräfte mit dem DPACK-Modell. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.18420/infos2023-057>
- Marx, E., Leonhardt, T. & Bergner, N. (2023); Secondary school students' mental models and attitudes regarding artificial intelligence – A scoping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100169. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100169>
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2014); Educational Design Research. In J. M. Spector (Hrsg.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th. ed., S. 131–140). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11);
- Nepper, H. H. & Ruch, A. (2023). ChatGPT. Implikationen für den Technikunterricht. *technik-education (tedu)*. Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht, 3. <https://doi.org/10.25656/01:26811> (Technik-education (tedu));
- Fachzeitschrift für Unterrichtspraxis und Unterrichtsforschung im allgemeinbildenden Technikunterricht 3 (2023) 1, S. 3–10). OECD (Hrsg.). (2020);
- OECD Lernkompass 2030: OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030 – Rahmenkonzept des Lernens. [https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD\\_Lernkompass\\_2030.pdf](https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Lernkompass_2030.pdf);
- Olari, V., Tenório, K. & Romeike, R. (2023). Introducing Artificial Intelligence Literacy in Schools: A Review of Competence Areas, Pedagogical Approaches, Contexts and Formats. In T. Keane, C. Lewin, T. Brinda & R. Bottino (Hrsg.), *IFIP Advances in Information and Communication Technology: Bd. 685. Towards a Collaborative Society Through Creative Learning: IFIP World Conference on Computers in Education, WCCE 2022, Hiroshima, Japan, August 20–24, 2022, Revised Selected Papers* (1st ed. 2023, Bd. 685, S. 221–232). Springer Nature Switzerland; Imprint Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_21);
- Olari, V., Zoppke, T., Reger, M., Samoilova, E., Kandlhofer, M., Dagiene, V., Romeike, R., Lieckfeld, A. S. & Lucke, U. (2023). Introduction of Artificial Intelligence Literacy and Data Literacy in Computer Science Teacher Education, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3631802.3631851>
- Pittich, D. & Tenberg, R. (2020). Editorial: Hybride Lernlandschaften im beruflichen Unterricht. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.48513/joted.v8i2.209> (13–25 Seiten / *Journal of Technical Education (JOTED)*, Bd. 8 Nr. 2 (2020): *Journal of Technical Education (JOTED)*);
- Rizvi, S., Waite, J. & Sentance, S. (2023). Artificial Intelligence teaching and learning in K–12 from 2019 to 2022: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100145. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100145>;
- Thyssen, C., Thoms, L. J., Kremser, E., Finger, A., Huwer, J. & Becker, S. (2020). Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung. <https://doi.org/10.17185/duerpublico/73330>.

*Clincy, Miriam*  
Hochschule Esslingen

**Zwischen Kopf- und Handarbeit:  
Fachdidaktische Projektarbeiten im Spannungsfeld von Technik und generativer KI**

Künstliche Intelligenz (KI), gerade auch mit dem Fokus auf generativer KI, als Thema in der (Hoch-)Schulbildung findet sich derzeit häufig als Lernen über KI oder als Lernen mit KI als assistierendes System wieder [1][2]. Die Nutzung generativer KI durch die Lernenden selbst ist meist auf Textformate beschränkt und mit Fehlkonzepten verbunden [3]. Auch wenn Informationstechnik mit unterschiedlichen Aspekten Eingang in den Technikunterricht gefunden hat, gibt es noch wenig Ansätze zur Nutzung generativer KI im allgemeinbildenden Technikunterricht, in dem das „handelnde Erschaffen von sinnhaften Artefakten“ ein definierendes Moment spielt (T. Kirste in [4], S. 71). Um die digitalen und analogen Ebenen miteinander zu verknüpfen, wurden in einem Fachdidaktikmodul im Lehramtsstudiengang „Naturwissenschaft und Technik“ (NwT) von den Masterstudierenden im Sinne des Forschenden Lernens [5] im Wintersemester 2023/24 Projektarbeiten durchgeführt, die zum Thema „Zwischen Kopf- und Handarbeit: Technik im Unterricht und generative KI“ schulische Projektarbeiten unter Erstellung eines Artefakts und Einbindung generativer KI entwerfen. Dabei reicht das Spektrum des KI-Einsatzes von Unterstützung beim Programmieren bis zum interdisziplinären Einsatz bei der Generierung von Fantasiegeschichten. In diesem Vortrag werden die Entwicklung und Durchführung des Moduls sowie Ergebnisse und Reflexionen der Studierenden zur Exploration des didaktischen Potentials von KI im NwT-Unterricht vorgestellt.

**Literatur:**

- E. Commission, S. Directorate-General for Education Youth, and Culture, Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators. Publications Office of the European Union, 2022. doi: doi/10.2766/153756;
- D.-K. Mah, J. Hense, und C. Dufentester, „Didaktische Impulse zum Lehren und Lernen mit und über Künstliche Intelligenz“, in Künstliche Intelligenz in der Bildung, C. De Witt, C. Gloerfeld, und S. E. Wrede, Hrsg., Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2023, S. 91–108. doi: 10.1007/978-3-658-40079-8\_5;
- A. Schlude, U. Mendel, R. A. Stürz, und M. Fischer, „Verbreitung und Akzeptanz generativer KI an Schulen und Hochschulen“, bidt DE. 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bidt.digital/publikation/verbreitung-und-akzeptanz-generativer-ki-an-schulen-und-hochschulen/>;
- B. Geißel und T. Gschwendtner, Hrsg., Wirksamer Technikunterricht. in Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten, no. Band 10. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH, 2018;
- L. Huber, J. Hellmer, und F. Schneider, Forschendes Lernen im Studium: Aktuelle Konzepte und Erfahrungen, Bd. 10. Univ.-Verlag, 2009.

## Digitalisierung lernen, Digitalisierung lehren – Kompetenzerwerb angehender Lehrkräfte mit Hilfe institutsübergreifender Kooperationen

Die Aufgabe von Schule ist es, Lernende darauf vorzubereiten, an der zukünftigen Gesellschaft mündig und verantwortungsvoll teilzuhaben. Für die Berufsschule bedeutet dies, dass die Lernenden Kompetenzen entwickeln, die sie befähigen, in ihrem Beruf zielorientiert und ressourcenschonend zu handeln und sich eigenständig weiterentwickeln zu können. Da berufliches Handeln immer im gesamtgesellschaftlichen Kontext zu verstehen ist, müssen neben den berufsspezifischen Kompetenzen auch berufsübergreifende und damit auch allgemeine Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Berufsausbildung trainiert und entwickelt werden. Diese Forderung kann und darf aber nicht ausschließlich für das Lernen in beruflichen Schulen gelten. Damit zukünftige Lehrerinnen und Lehrer auch befähigt werden, ihren eigenen Unterricht und damit Berufsschule im Gesamten so zu gestalten, dass wiederum die Lernenden der jeweiligen Berufe die oben beschriebenen Kompetenzen entwickeln können, muss Lehrendenbildung in gleichem Maße vor dem Hintergrund einer sich stetig verändernden Gesellschaft gestaltet werden. Beispielhaft dafür steht der Umgang mit Digitalisierung.

Damit zukünftige Lehrende dazu befähigt werden, Digitalisierung in all ihren verschiedenen Dimensionen im Unterricht abzubilden, mit berufsfeldspezifischen inhaltlichen Lerngegenständen zu verbinden und den Unterricht zudem lernförderlich zu gestalten, müssen Unterstützungsangebote zur Verfügung gestellt und die Ausbildung dieser Kompetenzen bereits während des Lehramtsstudiums gefördert werden. Sinnvoll und förderlich erscheinen hier Kooperationen zwischen Lehramtsausbildung, Praktiker\*innen der jeweiligen Berufsfelder, Didaktiker\*innen oder Studierenden anderer Studiengänge wie etwa den Ingenieurwissenschaften. In verschiedenen bereits abgeschlossenen sowie derzeit geplanten Projekten an der Technischen Universität Berlin steht genau diese Kooperation und damit die anwendungsorientierte Entwicklung von digitalen Kompetenzen im Fokus. In einem Vortrag möchten wir erörtern, welche Chancen und Herausforderungen wir bei derart komplexen Kooperationen sehen. Zudem möchten wir mit den Teilnehmenden diskutieren, wie diese Kooperationen erfolgsversprechend zu gestalten sind.

### Literatur:

- Albrecht, M., Wedel, M., Derda, M., (2022): Individualisierung durch Digitalisierung – eigene Lernwege digital beschreiten. In: M. Stein, M. Jungwirth, N. Harsch, Y. Noltensmeier (Hrsg.): Diversität Digital Denken – The Wider View. Tagungsband. S. 291-299. Münster: WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871785.0.27>;
- European Parliamentary Research Service: Artificial Intelligence Act, Online unter: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS\\_BRI\(2021\)698792\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI(2021)698792_EN.pdf);
- Schmid, M. & Petko, D. (2020): ‹Technological Pedagogical Content Knowledge› als Leitmodell medienpädagogischer Kompetenz. Zeitschrift MedienPädagogik 17(Jahrbuch Medienpädagogik), 121-140. Online unter: <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.28.x>. [https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/lehrerbildung/shareddocs/projekte/tub-teaching-2-0-innovativer-einstieg-professions-und-forschungsorientierung-im-berufsbezogenen-lehramtsstudium\\_01ja1628.html?cms\\_projectView=Termine](https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/lehrerbildung/shareddocs/projekte/tub-teaching-2-0-innovativer-einstieg-professions-und-forschungsorientierung-im-berufsbezogenen-lehramtsstudium_01ja1628.html?cms_projectView=Termine).

## Explorationsbedingungen digitaler 3D-CAD-Modelle mechanisch-technischer Systeme

Ein Ziel des Technikunterrichts ist der Wissenserwerb über den Aufbau und die Funktion mechanisch-technischer Systeme. Bei der Verwendung von Visualisierungen werden sowohl statische als auch Bewegtbilder eingesetzt, um strukturelle und dynamische Aspekte zu vermitteln. Bewegtbilder ermöglichen die direkte Betrachtung von Bewegungen (Chikha et al. 2021). Auf Grund der flüchtigen Darstellung können aber Informationen übersehen werden (Sweller et al. 2011). Statische Bilder ermöglichen die Strukturbetrachtung ohne Ablenkung, sind jedoch anfällig für Fehlinterpretationen von Bewegungsabläufen (Khacharem et al. 2015). Eine mögliche Lösung könnte in interaktiv-manipulierbaren, digitalen 3D-Modellen liegen, die sowohl die statische Struktur als auch deren Bewegung aus verschiedenen Perspektiven darstellen können. Daher wird untersucht, unter welchen Bedingungen solche Modelle eine Alternative darstellen. Im Projekt wurde ein digitales, interaktives 3D-Modell eines Türschlosses sowie ein Multiple-Choice-Wissenstest zu dessen Aufbau und Funktion entwickelt. In der ersten explorativen Studie wurde untersucht, welche Wissensaspekte (Struktur, Verhalten, Zusammenspiel) Technischüler\*innen der Klassen 8 und 9 durch die freie Exploration eines digitalen, interaktiv-statischen 3D-Modells erwerben können, wie die Lernenden dabei vorgehen und wie dies mit dem Lernerfolg zusammenhängt (N = 45).

Die Ergebnisse zeigen, dass es Lernenden möglich war, die Struktur und deren Verhalten zu erfassen, jedoch weniger deren Zusammenspiel. Mit Hilfe von Bildschirmaufzeichnungen wurde ein erstes Prozessmodell und eine Explorationsstrukturierung erstellt. Um zu prüfen, ob Lernende damit mehr Wissen erwerben, erhielt die eine Hälfte der Lernenden die Strukturierungshilfe, während die andere Hälfte frei explorierte (1 x 2 Design; frei vs. strukturiert). Obwohl die Lernenden mit der Strukturierungshilfe im Wissenstest besser abschnitten, hatten auch sie Schwierigkeiten, das Zusammenspiel der Bauteile anhand eines interaktiv-statischen 3D-Modells zu erschließen. Diese Ergebnisse liefern Implikationen für die nächste Studie, in der untersucht wird, wie Lernende im Wissenstest abschneiden, wenn sie ein interaktiv-dynamisches 3D-Modell explorieren. Um Ursachen für das festgestellte Lernproblem zu ermitteln und das Prozessmodell weiterzuentwickeln, wird der Explorationsprozess mit Logdaten aufgezeichnet. Erste Ergebnisse des Lernprozesses werden derzeit analysiert und auf dem Poster diskutiert.

### Literatur:

- Chikha, A. B./Trabelsi, K./Bragazzi, N. L. (2021): The effect of spatial ability in learning from static and dynamic visualizations: A moderation analysis in 6-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 12, 583968; Sweller, J./Ayres, P./Kalyuga, S. (2011): "Measuring cognitive load," in *Cognitive load theory*, eds J. Sweller, S. Kalyuga, and P. Ayres (New York, NY: Springer), 71–85; Khacharem, A./Zoudji, B./Kalyuga, S. (2015b): Perceiving versus inferring movements to understand dynamic events: The influence of content complexity. *Psychol. Sport. Exerc.* 19, 70–75.



## Einstellungen und Kenntnisse zu Gender und Diversität – Eine Befragung von Lehrpersonen im technischen Unterricht

Innerhalb der technischen (aber auch naturwissenschaftlichen) Fachdidaktikforschung liegt ein großer Fokus auf schulische Inhaltsbereiche. Das Interesse in Abhängigkeit von unterschiedlichen Inhaltsbereichen wird durch selbsteinschätzende Antworten von Schüler:innen abgebildet. Dabei treten geschlechterspezifische Unterschiede auf (z. B. Virtanen, Räikkönen & Ikonen, 2015; Kosack, 1994; Mammes, 2004; Brown, 1993). Zudem wurden technische Artefakte bzw. Schulbücher analysiert und sind überwiegend eher männlich orientiert (Colette & Marjolaine, 2017). Ferner konnten höhere Motivationswerte bei Schülerinnen nachgewiesen werden, wenn soziale, humane Dimensionen mit im Unterrichtsgeschehen berücksichtigt sind (Holstermann & Bögeholz, 2007; Marth & Bogner, 2019). Auffällig ist, dass Lehrer:innen weniger stark im Fokus der Studien stehen. Erste empirische Befunde zeigen jedoch, dass das Interesse von Lehrpersonen an unterschiedlichen Inhaltsbereichen und daher auch der selbst zugewiesene Kenntnisstand in diesen Bereichen stark geschlechtsspezifisch ist (Goreth, 2021). Um der Forschungslücke nachzugehen wurde ein Online-Fragebogen zu Einstellungen und Kenntnissen zum Thema Diversität und Gender für den technischen Fachbereich adaptiert (Payer & Petritsch, 2015 und Hoven, 2018). Insgesamt haben N = 309 Lehrkräfte allgemeinbildender Schulen in Tirol daran teilgenommen. Während der erste Teil Lehrerfahrungen und Ausbildungswege abgefragt, beinhaltet der Kern des Befragungsbogens Einstellungen und Kenntnisse zum Thema Gender und Diversität sowie die Erfahrung und Umsetzung verschiedener Unterrichtsformen. Darüber hinaus wurden Inhalte zu Gender und Diversität in den Ausbildungsgängen erfragt und Entwicklungspotentiale identifiziert. Folgende Hypothesen sollen im Vortrag gruppenspezifisch geprüft werden: H1: Es besteht kein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Lehrpersonen in den Kenntnissen über und den Einstellungen zu Gender und Diversität im technischen Schulkontext, gemessen anhand Selbsteinschätzungen. H2: Es besteht kein Unterschied zwischen Lehrpersonen unterschiedlicher Schulfächer (STEAM) in den Kenntnissen über und den Einstellungen zu Gender und Diversität im Schulkontext, gemessen anhand Selbsteinschätzungen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können helfen konkrete Bedürfnisse von Lehrpersonen und deren Entwicklungspotential im technischen Kontext zu identifizieren. Folgend sollen darauf abgezielte Lehrpersonenfortbildungen entwickelt und angeboten werden.

### Literatur:

- Colette, A. & Marjolaine, C. (2017). Perception by French students of the gendered nature of material artifacts studied in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, (27), 1-18;
- Goreth, S. (2021). Rollenspezifische Unterschiede bei Lehrpersonen im Fachbereich Technik und Textil – Ergebnisse einer Befragung von Lehrpersonen in Tirol. *MNU-Journal* 6, 462-467;
- Hoven, S. (2018). *Geschlechtergerechtigkeit im koedukativen Sportunterricht*. Hamburg: Dr. Kovač;
- Payer, E. & Petritsch, M. (2015). Fragebogen zur Genderkompetenz. Universität Graz;
- Virtanen, S., Raikkonen, E. & Ikonen, P. (2015). Gender-based motivational differences in technology education. *Int J Technol Des Educ*, (25), 197-211.

## Digital meets analog – Fachraumkonzept für einen technischen Unterricht von heute

Die Nutzung technischer Artefakte ist heute allgegenwärtig, sei es der Check auf der Wetter-App oder der Tempomat auf der Autobahn. Gleichzeitig muss jedoch konstatiert werden, dass das Interesse an Technik bei Kindern und Jugendlichen kontinuierlich abnimmt (Tenberg, 2016) und zudem ein Defizit im Umgang mit Technik deutlich wird, dessen Aufarbeitung Aufgabe von Schule und Hochschule darstellt. Diese Notwendigkeit Technischer Bildung wird auch im neuen österreichischen Lehrplan Technik und Design nachgegangen. So erfährt dieser inhaltlich, aber auch hinsichtlich institutionellen Voraussetzungen Änderungen in der unterrichtlichen Praxis (BMBWF 2023, Goreth et al., 2021), wonach insbesondere für die jeweiligen handwerklich-technischen sowie gestalterischen Verfahren die vorhandenen Räumlichkeiten neu zu konzipieren sind. Dabei sei der Fokus auf der optimalen Integration digitaler Techniken zu legen: „analoge und digitale Verfahren sind einzusetzen und miteinander zu verschränken“ (BMBWF, 2023, S.1). Andererseits zeichnen sie das zeitliche Bild der Entwicklung innerhalb der Gesellschaft ab, wurde in den vergangenen Jahren Making-Aktivitäten in der STEAM-Bildung einen hohen Stellenwert zugeschrieben (Bilkstein, 2013).

In diesem Beitrag ist es Ziel, erste Facetten von analog-digitalen Raumkonzepten vorzustellen, die die neuen Inhaltsbereiche des Lehrplans Technik und Design unterrichtlich umsetzbar sowie für Schule und weitere Bildungsinstitutionen anschlussfähig machen sollen. Diese Konzeptionsarbeit wird dabei durch ein empirisches Forschungssetting begleitet und evaluiert und geht im Besonderen folgenden Fragen nach: Wie müssen neue Unterrichtsansätze und deren digitalen Fertigungsverfahren in Lehrpersonenfortbildungen vermittelt werden, dass diese nachhaltig eingesetzt werden? Welche Herausforderungen und Vorbehalte werden von Lehrpersonen im Hinblick auf digitale Fertigungsverfahren gesehen? Welche Unterschiede innerhalb der Motivation und des eigenen Kompetenzerlebens können bei Schüler:innen im Vergleich zu einem traditionellen Unterricht verzeichnet werden? Mit diesem Forschungsvorhaben sollen empirische Daten zur Nutzung und Konzipierung eines zeitgemäßen Fachraumes für das Schulfach Technik und Design geliefert werden, der über die analogen Verfahrensweisen hinaus die digitalen Fertigungstechniken integriert. Solche bislang nicht vorhandenen Daten sollen Aufschluss und Anschluss für die schulische Umsetzung eines solchen Fachraums geben und im weiteren Schritt fördern.

### Literatur:

- Bilkstein, P. (2013). Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Hrsg.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*. Bielefeld: Transcript Publishers;
- BMBWF (2023). Technik und Design (Sekundarstufe I). URL unter <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenst%C3%A4nden.html> (07.11.2023);
- Goreth, S., Neubacher, E., Proprenter, K. & Weiß, S. (2021). Handreichung Werken NEU zum Unterrichtsfach „Technisches und textiles Werken“ basierend auf dem Lehrplan 2017. Baden: National Center of Competence (Hrsg.);
- Tenberg, R. (2016). Wie kommt die Technik in die Schule. *Journal of Technical Education* 4(1), 11-21.

*Hammer, Carolin (Penning, Isabelle/Tenberge, Claudia)*  
Universität Potsdam (Universität Potsdam/Universität Paderborn)

## Technische Bildung für alle im Sinne einer inklusive(re)n Zukunft? Eine Analyse Technischer Bildung im Sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung

Obwohl seit Jahren eine gleichberechtigte Teilhabe aller in allen Lebensbereichen gefordert wird, bleibt das deutsche Bildungssystem weiterhin durch Selektion und Ausgrenzung gekennzeichnet (Feuser 2018: 149). Für Schüler:innen im sonderpädagogischen Schwerpunkt Geistige Entwicklung (SGE) bestehen zum Beispiel Informationsdefizite, da ihnen „reduzierte und parzellierte Bildungs-angebote“ (Feuser 2018: 152) gemacht werden. Grund dafür sind unter anderem die unterschiedlichen Lerninhalte, die in den verschiedenen Curricula der Bundesländer, der allgemeinbildenden Schulen sowie für Schüler:innen mit SGE festgeschrieben sind. Diese Einschränkungen sind auch im Feld der Technischen Bildung zu erkennen und stehen im Widerspruch zur angestrebten gleichberechtigten Teilhabe. Diese wurde sowohl in der UN-Behindertenrechtskonvention als auch in den Schulgesetzen der Länder, mit Blick auf eine inklusive Zukunft, verankert. Ein Beispiel hierfür findet sich im Rahmenlehrplan für Schüler:innen mit SGE der Länder Berlin und Brandenburg. Dieser legt den Fokus auf die Planung und Fertigung von Produkten, was jedoch nur einen Aspekt der technischen Mündigkeit abdeckt. Weitere Kompetenzbereiche, wie beispielsweise Technik verstehen, Technik nutzen, Technik bewerten (VDI 2021: 4), werden dabei weniger stark berücksichtigt. Diese Diskrepanz wirft die Frage auf, wie Technische Bildung und der SGE zusammengeführt werden können, um eine inklusive(re) Zukunft zu gewährleisten. Bislang wurden Fachdidaktiken im Bereich SGE vernachlässigt (Ratz 2011: 9), was auch die Didaktik der Technischen Bildung einschließt. Zugleich gewinnen inklusionspädagogische Konzepte in der Lehrer:innenbildung an Bedeutung (Werning & Neugebauer 2020: 607).

Dieser Beitrag zielt darauf ab, die aktuelle Forschungslage darzustellen, die bestehende Forschungslücke zu erläutern sowie sich daraus resultierende Forschungsperspektiven begründet abzuleiten. Ausgehend von einer Literaturanalyse wird die Verbindung zwischen Technischer Bildung und dem SGE herausgearbeitet und es werden theoretisch-konzeptionell erste Ergebnisse zu potenziellen Gestaltungskriterien und Herausforderungen einer inklusiven Technischen Bildung erschlossen und vorgestellt.

### Literatur:

- Feuser, G. (2018). Entwicklungslogische Didaktik. In Müller, F. J. (Hrsg.): Blick zurück nach vorn - Wegbereiter der Inklusion (Bd. 2, S. 147–165). Psychosozial-Verlag;
- Fischer, E. & Pfriem, P. (2011). Arbeitslehre und der Übergang zum Beruf. In Ratz, C. (Hrsg.): Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (S. 329–353). Athena;
- Penning, I. (2023): Wirtschaft-Arbeit-Technik. Sonderpädagogischer Schwerpunkt Geistige Entwicklung. Kohlhammer;
- Ratz, C. (Hrsg.) (2011): Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Fachorientierung und Inklusion als didaktische Herausforderungen. Athena;
- Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) (2021): Gemeinsamer Referenzrahmen Technik (GeRRT). Technikkompetenzen beschreiben und bewerten;
- Werning, R. & Neugebauer, T. (2020). Sonderpädagogik und Rehabilitationspädagogik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In Cramer, C; König, J.; Rothland, M. & Blömeke, S. (Hrsg.): Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung (S. 603–609). Julius Klinkhardt.

## Digitalisierung von Unterricht im Kontext von I4.0 – Entwicklung und Bewertung einer interaktiven und online erreichbaren I4.0-Lernplattform für den gewerblich technischen (Metall-)Unterricht

Entwicklungen im Kontext des „Megatrends Digitalisierung“ (Faber 2019, S. 3 ff.; Will 2019, S. 247 ff.) und so auch im Themenfeld von Industrie 4.0 (I4.0) führen dazu, dass im gewerblich technischen (Schul-)Bereich in Zukunft „[die] Nutzung digitaler Medien bzw. der Umgang mit digitalen Tools [und] ein stärkeres interdisziplinäres Denken [relevant sein werden].“ (Nickolaus et al. 2022, S. 149 ff.) Dies birgt Herausforderungen, denn bereits Lehramtsstudierende geben an, „[...] digitale Medien selbst bisher wenig in lehr- und lernbezogenen Situationen professionsorientiert [zu] nutzen.“ (Zinn et al. 2022, S. 167; vgl. auch Vogelsang et al. 2019, S. 122) Aus diesem Grund wird im Wissenschaft-Praxis-Projekt KoopALDIGITAL zwischen der Universität Stuttgart und der Gewerblichen Schule Backnang das Ziel verfolgt, im Themenfeld von I4.0 digitale Unterrichtsmaterialien für die Aus- & Weiterbildung im gewerblich technischen Bereich so zu entwickeln und anzubieten, dass schulartenübergreifendes Lernen so benutzerfreundlich wie möglich wird (vgl. Hedrich 2024).

Für die Realisierung des Zugriffs auf die Unterrichtsmaterialien wurde eine interaktive und online erreichbare I4.0-Lernplattform mit flacher Bedienstruktur entwickelt (vgl. Hedrich & Zinn 2016, S. 270), die unter Einbezug innovativer 360°-Videografie die I4.0-Lernfabrik an der Gewerblichen Schule Backnang komplett abbildet. Da die möglichst einfache Bedienung der entwickelten I4.0-Lernplattform als zentral für ihre Nutzung angesehen wird, fand in einem ersten Schritt die Untersuchung der Benutzerfreundlichkeit mit einem Online-Fragebogen statt, der in Anlehnung an die DIN EN ISO 9241-110 entwickelt wurde (vgl. Merkle 2023) und durch die Skalen Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität, Steuerbarkeit, Lernförderlichkeit und Aufgabenangemessenheit repräsentiert wird. Präsentiert werden aktuelle Ergebnisse der Befragung von Schüler\*innen ( $n_1 = 45$ ) und Lehrer\*innen ( $n_2 = 71$ ). Ausgehend von nicht normal verteilten und ordinal skalierten Daten wurden Effekte der Gruppenunterschiede mittels Mann-Whitney-U Test für unverbundene Teilstichproben geprüft. Dabei zeigt sich über alle Skalen hinweg ein starker Effekt, wobei Schüler\*innen die Benutzerfreundlichkeit hoch signifikant ( $p < .001$ ) besser bewerten als die Lehrer\*innen dies tun (Effektstärken  $r > .7$ ). Vor dem Hintergrund der Ergebnisse werden Möglichkeiten diskutiert, wie Lehrer\*innen beim Einsatz von digitalen (I4.0-)Lernumgebungen unterstützt werden können.

### Literatur:

- Faber, Oliver (2019): Digitalisierung – ein Megatrend: Treiber & Technologische Grundlagen. In: Michael Erner (Hg.): Management 4.0 – Unternehmensführung im digitalen Zeitalter. 1. Auflage 2019. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 3 bis 38;
- Hedrich, Matthias (2024). Basis- und Weiterqualifikation von angehenden und erfahrenen Lehrkräften für den berufsschulischen Metallunterricht – Ein integrativer Ansatz vor dem Hintergrund der Digitalisierung im Kontext von I4.0. In Pichler, Silvia [Hrsg.]; Frey, Anne [Hrsg.]; Holzäpfel, Lars [Hrsg.]; Lipowsky, Frank [Hrsg.]; Rincke, Karsten [Hrsg.]: Wie viel Wissenschaft braucht die Lehrer\*innenfortbildung – Wege der Professionalisierung. Tagung an der Pädagogischen Hochschule Vorarlberg 2023 (S. 135-139). URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-284967. DOI: 10.25656/01:28496;
- Hedrich, M. & Zinn, B. (2016): Entwicklung und formative Evaluation eines Konzepts zum Transfer von Erfahrungswissen bei Servicetechniker mittels videofallbasiertem Lernen. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 4 (Heft 2), S. 253-284;
- Merkle, Moritz (2023): Erstellung eines interaktiven Lehr-Lernvideos zur Funktionsweise einer Industrie 4.0-Demonstrationsanlage an der Gewerblichen Schule Backnang mit Hilfe von 360°-Videotechnologie und einer darin eingebetteten Lehr-Lerneinheit. Universität Stuttgart. Masterarbeit;

Nickolaus, Reinhold; Augustinović, Mirko; Halim, Karim; Behrendt, Stefan (2022): Anforderungen an Facharbeiter im Kontext von Industrie 4.0 – Eine Sichtung vorliegender Analysen und Prognosen und eine kritische Würdigung ihrer Orientierungsleistung. In: Roeland Hoogeveen (Hg.): Interorganisationale kollaborative Gemeinschaftsforschung. [S.l.]: MORGAN KAUFMANN, S. 135 – 154;

Vogelsang, Christoph; Finger, Alexander; Laumann, Daniel; Thyssen, Christoph (2019): Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: ZfDN 25 (1), S. 115 –129. DOI: 10.1007/s40573-019-00095-6.

Will, Thomas (2019): Produktionsmanagement 4.0. In: Michael Erner (Hg.): Management 4.0 – Unternehmensführung im digitalen Zeitalter. 1. Auflage 2019. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 245-290;

Zinn, Bernd; Brändle, Marcus; Pletz, Carolin; Schaal, Steffen (2022): Wie schätzen Lehramtsstudierende ihre digitalisierungsbezogenen Kompetenzen ein? Eine hochschul- und fächerübergreifende Studie. In: die hochschullehre (Interdisziplinäre Zeitschrift für Studium und Lehre) 8 (11), S. 156 – 171. DOI: 10.3278/HSL2211W.

## Digitalisierung verstehen – Diskussion über geeignete didaktische Modelle der Technischen Bildung

Seit 2017 gibt es für das Lernen mit und über Digitalisierung in Sachsen die Konzeption Medienbildung und Digitalisierung in der Schule mit dem dazugehörigen Kompetenzrahmen „Kompetenzen in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz, Fassung SMK-Konzeption „Medienbildung und Digitalisierung in der Schule“ (#6). Seit 2019 sind in den Lehrplänen der Grundschule in Sachsen entsprechende Hinweise enthalten. Es stellt sich die Frage, wie diese Inhalte vermittelt werden können und sollen. Für den Informatikunterricht stellt die Gesellschaft für Informatik für informatische Unterrichtsinhalte das Frankfurt-Dreieck (#5) als Weiterentwicklung des Dagstuhl-Dreiecks zur Diskussion. Im Werk- und Technikunterricht wird eine mehrperspektivische Analyse (#1) der Digitalisierung als Erweiterung der Analyse nach dem Frankfurt-Dreieck vorgenommen, da hier zusätzlich informationstechnische und gesellschaftliche Aspekte mit betrachtet werden müssen. Das erhaltene Beschreibungsmodell der Digitalisierung mit den vier Perspektiven:– Sachperspektive, – Anwendungsperspektive, –human-soziale Perspektive sowie Werteperspektive weicht in einigen wichtigen Inhaltspunkten von den normativen Forderungen ab und zeigt somit Schwachstellen für ein allgemeinbildendes Verständnis auf. Dieses Inhaltsmodell wird mit empirisch erfassten Vorstellungen von Grundschulern und Lehramtsstudierenden verglichen. Unter Berücksichtigung vorhandener nationaler wie internationaler Anforderungsnormen für Schüler- (Kompetenzrahmen) und Lehrerwissen (TPaCK #4, DPaCK, DigCompEdu und weitere) ergibt sich mittels Didaktischer Rekonstruktion nach Kattmann (#2) und auch Diethelm (#3) über eine Auswahl digitaler Phänomene für Grundschüler wie auch für Lehramtsstudierende die didaktische Strukturierung der Digitalisierung. Dabei werden einige Fragen mit grundsätzlicher Kritik am derzeitigen Ansatz der digitalen Bildung aufgeworfen, welche wir gern dem fachkundigen Publikum zur Diskussion stellen möchten.

### Literatur:

Schmayl, Winfried (1989): Pädagogik und Technik. Untersuchungen zum Problem technischer Bildung. Zugl.: Hamburg, Univ., Habil.-Schr. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt;

Kattmann, Ulrich; Duit, Reinders; Gropengießer, Harald; Komorek, Michael (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 3, Heft 3, 1997, S. 3 – 18. Online verfügbar unter [https://www.researchgate.net/publication/271957189\\_Das\\_Modell\\_der\\_Didaktischen\\_Rekonstruktion\\_-\\_Ein\\_Rahmen\\_fur\\_naturwissenschaftsdidaktische\\_Forschung\\_und\\_Entwicklung](https://www.researchgate.net/publication/271957189_Das_Modell_der_Didaktischen_Rekonstruktion_-_Ein_Rahmen_fur_naturwissenschaftsdidaktische_Forschung_und_Entwicklung), zuletzt aktualisiert am 27.03.2023, zuletzt geprüft am 27.03.2023;

Diethelm, Ira; Dörge, Christina; Mesaros, Ana-Maria; Dünnebier, Malte (2011): Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht. In: Marco Thomas (Hg.): Informatik in Bildung und Beruf. 14. GI-Fachtagung "Informatik und Schule – INFOS 2011"; 12.-15. September 2011 an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Bonn: Ges. für Informatik (GI-Edition Proceedings, 189). Online verfügbar unter <https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/18479/77.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, zuletzt geprüft am 27.03.2023;

Mishra, Punya; Koehler, Matthew J. (2006): TPACK Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. In: Teachers College Records 2006 (108), S. 1017–1054. Online verfügbar unter [https://one2oneheights.pbworks.com/f/MISHRA\\_PUNYA.pdf](https://one2oneheights.pbworks.com/f/MISHRA_PUNYA.pdf), zuletzt geprüft am 23.02.2023;

Brinda, Torsten; Brügggen, Niels; Diethelm, Ira; Knaus, Thomas; Kommer, Sven; Kopf, Christine et al. (2019): Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digitalen Welt. Online verfügbar unter <https://dagstuhl.gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/Frankfurt-Dreieck-zur-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf>, zuletzt geprüft am 23.02.2023;

SMK (2017): Kompetenzrahmen zur Konzeption Medienbildung. Hg. v. Freistaat Sachsen Kultusministerium. Online verfügbar unter [https://www.medienbildung.sachsen.de/download/Kompetenzrahmen\\_Medienbildung\\_SMK\\_Uebersicht.pdf](https://www.medienbildung.sachsen.de/download/Kompetenzrahmen_Medienbildung_SMK_Uebersicht.pdf), zuletzt geprüft am 23.2.23.

## „Und ich sag mal, Theorie und Praxis ist zweierlei“ – Wie können Praxisphasen Lehramtsstudierende auf zukünftige Anforderungen vorbereiten?

Um bereits in der ersten Phase der Lehramtsausbildung mehr praxisbezogene Inhalte zu integrieren und angehenden Lehrkräften so möglichst früh Einblicke in die tatsächliche Schulpraxis zu gewähren, wird in Nordrhein-Westfalen bereits 2015 das Praxissemester im Rahmen des Masters of Education eingeführt. Während dieses Praxissemesters lernen Lehramtsstudierende an vier Tagen in der Woche den Alltag beruflicher Schulen hautnah kennen und werden angeleitet, auch eigene Unterrichtserfahrungen zu sammeln. Bisherige Studien zum Praxissemester zeigen eine Steigerung der (wahrgenommenen) Kompetenzen angehender Lehrkräfte (Gröschner et al., 2013; Rothland & Straub, 2018), welche unter anderem von den Reflexionskompetenzen der Lehramtsstudierenden beeinflusst wird (Kulgemeyer et al., 2021). Im Rahmen dieses Vortrages werden zunächst die konzeptionellen Rahmenbedingungen des Praxissemesters im Kontext des Masters of Education für gewerblich-technische Fachrichtungen an der Universität Paderborn vorgestellt. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf den Begleit- und Begleitforschungsseminaren, den beiden universitären Lehrveranstaltungen für die Lehramtsstudierenden während des Praxissemesters.

Im Vortrag werden Erkenntnisse aus den Reflexionskapiteln der Studierenden aus den im Praxissemester entwickelten Forschungsarbeiten in Hinblick auf professionsbezogene Entwicklungen, persönliche Erfahrungen und Emotionen im Kontext des Praxissemesters analysiert. Zusätzlich werden Ergebnisse aus einer qualitativen Interviewstudie vorgestellt, anhand derer insbesondere die Bedeutung des Praxissemesters für die Entwicklung der akademischen Selbstkonzepte und damit der Professionalisierung der Studierenden deutlich wird. Zusammenfassend werden anhand der vorgestellten Ergebnisse die Einstellungen der Studierenden gegenüber dem Lehramtsstudium und insbesondere gegenüber dem Praxissemester im Hinblick auf zukünftige Herausforderungen erörtert. Es wird deutlich, in welchem Spannungsfeld sich die Studierenden befinden: praktisch, theoretisch und nicht zuletzt emotional. Der Vortrag liefert tiefgehende Eindrücke in das Praxissemester aus Sicht der Studierenden, beleuchtet die Entwicklung ihrer Einstellungen zum Praxissemester und auch insgesamt zur Theorie-Praxis-Verknüpfung im Lehramtsstudium.

### Literatur:

Gröschner, A., Schmitt, C. & Seidel, T. (2013). Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27(1-2), 77–86. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000090>;

Kulgemeyer, C., Kempin, M., Weißbach, A., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J. & Vogelsang, C. (2021). Exploring the impact of pre-service science teachers' reflection skills on the development of professional knowledge during a field experience. *International Journal of Science Education*, 43(18), 3035–3057. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2006820>;

Rothland, M. & Straub, S. (2018). Die Veränderung berufsbezogener Selbstkonzepte im Praxissemester. In J. König, M. Rothland & N. Schaper (Hrsg.), *Learning to Practice, Learning to Reflect?: Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LtP zur Nutzung und Wirkung des Praxissemesters in der Lehrerbildung* (S. 135–162). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-19536-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-658-19536-6_5).

## Fachungeprüfte und Quereinsteigende im technischen Unterricht – Professionalisierung im Projekt ProQ-STEAM

Der Mangel an Lehrpersonen ist in den STEAM-Fächern besonders groß. Eine Möglichkeit diese Lücke zu füllen, besteht darin, Quereinsteigende und Fachungeprüfte nach zu qualifizieren. Das Projekt ProQ-STEAM setzt an dieser Stelle an und erforscht, wie der Ein- oder der Umstieg in den Lehrberuf gelingen kann. Die Komplexität unterrichtlichen Handelns ist durch das simultane Vorhandensein unterschiedlicher Handlungs- und Entscheidungsebenen charakterisiert. Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung in dieser Vielschichtigkeit schnell, situationsgerecht und unterrichtlich angemessen zu reagieren. Die professionelle Wahrnehmung von Unterrichtssituationen gilt in aktuellen Forschungen als Schlüssel zur Steigerung der Unterrichtsqualität (Meschede, 2014; Blömeke et al., 2015). Im Rahmen bisher durchgeführter Arbeiten wurden Messinstrumente geschaffen und eine Abhängigkeit zwischen dem Zuwachs der professionellen Unterrichtswahrnehmung (PU) und verschiedenster Rahmenbedingungen dargestellt (Kunter & Klusmann, 2010; Meister et al., 2020; Rehm & Bölsterli, 2014; Straub et al., 2020). Untersuchungen zur PU als Prädiktor für Qualität von Unterricht im technischen und naturwissenschaftlichen Bereich, sowie bei Fachungeprüften (Fachfremde, und frühe Lehrpersonen) und Quereinsteigenden existieren bisher nicht.

Das Forschungsprojekt greift diese Lücke auf, untersucht die Wirksamkeit von Microteaching-Elementen mit Unterrichtsvideovignetten zur Steigerung der PU und vergleicht dabei Fachgeprüfte mit Fachungeprüften sowie Quereinsteigenden. Hierzu dient eine dreiteilige Fortbildungsreihe in Form eines quasi-experimentellen Untersuchungsdesigns. Zu Beginn und am Ende der Fortbildung erfolgen eigene Videoaufzeichnungen mit anschließender Analyse des unterrichtlichen Handelns. Diese werden mittels Beurteilungsraster ausgewertet (Pre- und Posttest). Dazwischen erfolgt eine Intervention, welche auf den eLearning-Module des Projektes VidNuT basiert. Es wird ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung der PU sowie der Qualität des unterrichtenden Handelns vermutet, der empirisch geprüft werden soll (NLehrpersonen > 200). Die Ergebnisse sollen helfen Lehrpersonenfortbildungen abzustimmen und speziell für die Zielgruppe der Fachungeprüften und Quereinsteigenden weiter zu entwickeln und diese ferner flächendeckend einzusetzen.

### Literatur:

- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>;
- Kunter, M., & Klusmann, U. (2010). Kompetenzmessung bei Lehrkräften—Methodische Herausforderungen. *Unterrichtswissenschaft*, 38(1), 68–86;
- Meister, S., Nitz, S., Schwanewedel, J., & Upmeier zu Belzen, A. (2020). Diagnostische Fähigkeiten Lehramtsstudierender. Förderung mit Videovignetten und Anwendung im Lehr-Lern-Labor. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (S. 223–247). Springer;
- Meschede, N. (2014). *Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im natur-wissenschaftlichen Grundschulunterricht: Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*. Logos Verlag Berlin GmbH;
- Rehm, M., & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 213–225). Springer Spektrum;
- Straub, F., Geißel, B., & Rehm, M. (2020). Der Einsatz von Vignetten im Rahmen der Techniklehrerbildung. In M. Friesen, J. Benz, T. Billion-Kramer, C. Heuer, & H. Lohse-Bossenz (Hrsg.), *Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung. Fachdidaktische und pädagogische Perspektiven* (S. 153–165). Beltz Juventa.



## Offene Werkstätten und ihre Finanzierung

Im Vortrag werden zunächst zwei offene Werkstätten und damit verbundene Bildungspotenziale vorgestellt. Die erste Werkstatt, das FabLab Bremen e.V. war als digitale Produktionswerkstatt (ausgestattet mit Laserplotter, Lasercutter, 3-D-Drucker u.a.) an einem bmbf-Forschungsprojekt beteiligt, das sich mit den Potenzialen von FabLabs für die Nutzung durch allgemeinbildende Schulen, d.h. FabLabs als außerschulischen Lernorten befasst hat. Das Forschungsprojekt FaBuLoUS (FabLabs als Bildungs- und Lernorte zur Unterstützung von Schulen) hat mittels eines Design-Based-Research Forschungskonzeptes Bildungsformate für Schulklassen entwickelt und erprobt (Autorinnenkollektiv FaBuLoUS 2024). Für das FabLab entstand durch das Projekt eine temporäre externe Finanzierung, aber keine Möglichkeit, diese Angebote dauerhaft aufrecht zu erhalten. Die zweite Werkstatt ist eine universitäre Technikwerkstatt (Holz, Metall) aus den 1970er Jahren (für das Lehramts-Studienfach Arbeitslehre eingerichtet und jahrzehntelang genutzt). Diese Werkstatt liegt weitgehend brach. Ihren Erhalt verdankt sie der fortbestehenden Nutzung durch das Wahlpflichtangebot Technik im Studienfach Sachunterricht im Grundschullehramt.

Das aktuelle Vorhaben für diese Werkstatt besteht in der Ausweitung der Nutzung als Reparatur- und Produktionswerkstatt für Studierende aller Fachbereiche. Dafür allerdings werden ebenfalls personelle Ressourcen in Form eines\*r Techniker\*in benötigt, die kompetente Anleitung bei der Nutzung der vorhandenen Maschinen, sowie Raumverantwortung übernehmen kann. Ohnedem sind die beabsichtigte Nutzung durch Studierende und die dafür nötigen Öffnungszeiten nicht realisierbar. Interessen seitens der Studierenden bestehen ausdrücklich. Dies reicht vom Prototypenbau durch Studierende der Ingenieurwissenschaften über Reparaturvorhaben (Fahrradwerkstatt des AStA) bis zum Requisitenbau durch Studierende der Performance Studies. Der Vortrag stellt die innovativen Konzepte und Anliegen ins Zentrum und lädt zum Austausch und zur Diskussion der Zukunft offener Werkstätten ein.

### Literatur:

- Poltze, K.; Demuth, K.; Eke, S.; Moebus, A.; Macgilchrist, F. (2022): Erfahrungen des Partizipierens. Reflexionen zu partizipativen Forschungs- und Gestaltungsprozessen. *Bildungsforschung* 2022 (2): 1-14 <https://doi.org/10.25539/bildungsforschung.v0i2.900>;
- Dittbrenner, E.; Coers, L. (2023a): Mit Grundschulen ins FabLab. <https://doi.org/10.26092/elib/2045>. Dittbrenner, E.; Coers, L. (2023b): Grundschüler\*innen in deinem FabLab. <https://doi.org/10.26092/elib/2044>;
- Autorinnenkollektiv FaBuLoUS (2024): Möglichkeitsräume zwischen FabLabs und Schulen. Perspektiven und Praktische Erkundungen. München: kopaed.

**Mit der technischen Funktionsanalyse Betrüger entlarven**

Täglich nutzen wir Artefakte, deren Funktionsweise uns oft nur begrenzt bekannt ist. Doch wie wichtig ist es, die Dinge, die wir verwenden, zu verstehen? Einige zweifelhafte Hersteller und Verkäufer technischer Geräte nutzen die allgemeine Unkenntnis über ihre Funktionsweise zu ihrem eigenen Vorteil aus. So propagieren die Händler der „Voltbox“ das Versprechen, mit einem kleinen elektrischen Gerät den Energieverbrauch im Haushalt drastisch senken zu können. Im Technikunterricht einer 10. Klasse haben sich meine Schülerinnen und Schüler intensiv mit dem Thema „Voltbox“ auseinandergesetzt und dieses Gerät mittels verschiedener Methoden analysiert. Dabei lag der Schwerpunkt insbesondere auf der Demontage und Analyse der einzelnen Baugruppen der „Voltbox“. Diese Untersuchung wurde durch Internetrecherche und ein technisches Experiment ergänzt. Dank dieser Herangehensweise konnten wir die betrügerischen Praktiken aufdecken. In meinem Vortrag werde ich das Unterrichtsvorhaben vorstellen und es in ein didaktisches Konzept zur Anwendung der Funktionsanalyse im allgemeinbildenden Technikunterricht einbetten.

## Literatur:

Voltbox: <https://getvoltbox.com/article4/ch;>

Dirk Schade: „Wie funktioniert das? Technik nutzen und verstehen.“ [https://www.lehrer-online.de/unterricht/sekundarstufen/naturwissenschaften/technik/arbeitsmaterial/am/wie-funktioniert-das-technik-nutzen-und-verstehen/;](https://www.lehrer-online.de/unterricht/sekundarstufen/naturwissenschaften/technik/arbeitsmaterial/am/wie-funktioniert-das-technik-nutzen-und-verstehen/)

Jörg-Peter Pahl: „Bausteine beruflichen Lernens im Bereich Technik, Teil 2“ Alsbach-Verlag, ISBN 3-88064-305-9.

## Technisches Lernen handwerklich und digital erleben – Eine empirische Untersuchung zur Förderung von zukunftsfähigen digital-technischen Kompetenzen

Die UN-BRK (2009) löst Handlungsdruck zur Etablierung eines inklusiven Schul- und Bildungssystem einschließlich des inklusiven Unterrichts aus (Moser, 2017). Dieser sichert systematisch sowie strukturell, unter Berücksichtigung sozialer und individueller Differenzen, eine gleichberechtigte Teilhabe an qualitativ hochwertiger Bildung für alle SchülerInnen (Emmerich/Moser, 2020). Inklusiver Sachunterricht muss zusätzlich der fachimmanenten Heterogenität begegnen und diese doppelte Heterogenität so zusammenführen, dass fachlich-anschlussfähiges und überfachliches Wissen aufgebaut wird (Blumberg/ Mester, 2017; Hempel, 2007). Die technische Perspektive des Sachunterrichts ist legitimiert durch die alltägliche Konfrontation mit Technik im individuellen Leben der SchülerInnen (GDSU, 2013). Frühe, institutionalisierte, technische Bildung ist somit bedeutsam, damit SchülerInnen Funktionsweisen und Zusammenhänge handlungsorientiert kennen lernen, selbst Technik erfinden, einen Wissenstransfer in zukünftigen Lebenskontexten herstellen und schließlich Technik analysieren und evaluieren können (Blümer, 2021; Möller, 2021).

Für Themen der technischen Perspektive konnten bereits differenzierte, lernförderliche Potenziale nachgewiesen werden (u. a. Tenberge, 2002). Unbestimmt bleiben jedoch theoretisch sowie empirisch fundierte, bildungsstufenübergreifende Konzepte, die technisches Lernen spiralcurricular fördern (von Wensierski/ Sigener, 2015). Ausgehend von diesem Desiderat und der steigenden Bedeutung einer digitalisierten Technisierung soll in dem vorgestellten Dissertationsprojekt der Frage nachgegangen werden, wie a) bildungsstufenübergreifender technikbezogener Sachunterricht anschlussfähig gestaltet sowie b) unter Berücksichtigung handwerklicher und digital-gestützter Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen gefördert werden kann. In einem mixed-methods Design werden im Projekt prozessbezogene sowie inhaltliche Kompetenzen technischen Lernens erhoben und in einer quasi-Längsschnittstudie mit mehreren Messzeitpunkten evaluiert. Fachdidaktisch und bildungspolitisch gerahmt, schließt das Projekt verschiedene Lehr-Lern-Arrangements zu (anteilig digital gestütztem) technischen Lernen ein (Tenberge et al., 2024). Diese sollen in einem Design Based Research-Ansatz evaluiert und weiterentwickelt werden (Euler, 2014). Der Vortrag stellt auf Basis einer Pilotstudie die Forschungsfragen sowie erste Ergebnisse vor und stellt das gewählte Forschungsdesign zur Diskussion.

### Literatur:

- Blumberg, E./ Mester, T. (2017). Motivationale und selbstbezogene Lerneffekte im inklusiven naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In: Hartinger, A./ Tänzer, S./ Giest, H. (Hrsg.). GDSU-Jahresband 2017 "Vielperspektivität im Sachunterricht". Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 143-151;
- Blümer, H. (2021). Die technische Bildung im Sachunterricht an deutschen Grundschulen. In: Koch, A. F./ Kruse, F./ Labudde, P. (Hrsg.). Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbänden. Multiperspektivische und interdisziplinäre Beiträge aus Europa. Wiesbaden: Springer Spektrum. S. 15-29;
- Emmerich, M./ Moser, V. (2020). Inklusion, Diversität und Heterogenität als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In: Cramer, C./ König, J./ Rothland, M./ Blömeke, S. (Hrsg.). Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, S. 76- 84;
- Euler, D. (2014). Design-Research – a paradigm under development. In: Euler, D./ Sloane, P.F.E. (Hrsg.). Design-Based Research. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. S. 15-44;
- Hempel, M. (2007). Diagnostik der kindlichen Lebenswelt als Voraussetzung zur Förderung des Kompetenzerwerbs der Lernenden. In: Lauterbach, R./ Hartinger, A./ Feige, B./ Cech, D. (Hrsg.). Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen (PROBLEME UND PERSPEKTIVEN DES SACHUNTERRICHTS, Band17). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 23-37;

- Möller, K. (2021). Einleitung. Die technische Perspektive im Sachunterricht. In: Möller, K./ Tenberge, C./ Bohrmann, M. (Hrsg.) Die technische Perspektive konkret. Begleitband 5 zum Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 11-18;
- Moser, V. (2017). Inklusion und Organisationsentwicklung. In: Moser, V./ Egger, M. (Hrsg.). Inklusion und Schulentwicklung. Stuttgart: Kohlhammer, S. 15-30;
- Tenberge, C. (2002). Persönlichkeitsentwicklung und Sachunterricht – eine empirische Untersuchung zur Persönlichkeitsentwicklung in handlungsintensiven Lernformen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht der Grundschule. [Diss., Westfälische Wilhelms-Universität Münster];
- UN-Behindertenrechtskonvention [Praetor Intermedia] (o. D.). UN-Behindertenrechtskonvention – Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen, UN-Behindertenrechtskonvention, [online] <https://www.behindertenrechtskonvention.info/>;
- von Wensierski, H.-J./ Sigeneger, J.-S. (2015). Technische Bildung. Ein pädagogisches Konzept für die schulische und außerschulische Kinder- und Jugendbildung. Opladen/ Berlin/ Toronto: Verlag Barbara Budrich.

## Digital gestütztes Unterrichten im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe – Entwicklung und Evaluation von Fortbildungsmodulen im INT-Unterricht

Unzureichende Professionalisierung könnte ein Grund dafür sein, dass Lehrkräfte oftmals im Bereich der (fachspezifischen) Nutzung digitaler Medien über geringe Kompetenzen verfügen. Vor dem Hintergrund, dass sich digitale Medien gerade im technischen Sachunterricht in besonderer Weise eignen, den heterogenen Vorstellungen und Lernentwicklungen der Schüler:innen zu begegnen, wird in einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt zu „Kompetenzzentren für digitales und digital gestütztes Unterrichten in Schule und Weiterbildung (im MINT-Bereich)“ (Projektverbund ComeMINT) an der Entwicklung von Fortbildungsmodulen für Lehrkräfte zur digital gestützten Gestaltung eines diversitätssensiblen Sachunterrichts gearbeitet. Ziel ist es, Lehrer:innen fortzubilden, sodass sie professionelles Wissen und Kompetenzen zur Gestaltung und Optimierung digitalisierter unterrichtlicher Lehr-Lernprozesse für einen zukunftsfähigen und innovativen INT-Unterricht mit digitalen Medien erwerben können. Der Beitrag stellt die Entwicklung eines adaptiven Fortbildungsangebotes für Lehrkräfte im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe I gemäß des Design-Based-Ansatzes dar. Inhaltlich wird der Schwerpunkt des modulareren Konzeptes auf anschlussfähiges und nachhaltiges Lernen im technikbezogenen Sachunterricht gelegt, konkret im Schulstufenübergang von der Grundschule zur Sekundarstufe I. Die Module adressieren Beispiele für inklusives technikbezogenes Lernen, das handwerklich und digital gestützt gestaltet wird.

Im Fokus der Evaluation der Pilotierung (Frühjahr-Sommer 2024) stehen fachspezifische Gelingensbedingungen der Fortbildung sowie die Wirksamkeit der Module bezüglich digitalisierungsbezogener Kompetenzen, Kompetenzerleben bzw. Selbstwirksamkeit und Einstellungen der Lehrpersonen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht sowie allgemein zur Inklusion. Das Design des Vorhabens und erste Ergebnisse des Prä-Tests werden präsentiert, diskutiert und Folgerungen für ein Re-Design der Module abgeleitet.

### Literatur:

- Gess, C.; Rueß, J.; Deicke, W. (2014): Design-based Research als Ansatz zur Verbesserung der Lehre an Hochschulen. Einführung und Praxisbeispiel. In: Qualität in der Wissenschaft, 8(1), S. 10-16;
- Haider, M.; Knoth, S. (2022): Kompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt - In: Haider M.; Schmeinck D. (Hrsg.): Digitalisierung in der Grundschule. Grundlagen, Gelingensbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fachs Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 56-70;
- Kleickmann, T.; Tröbst, S.; Jonen, A.; Vehmeyer, J.; Möller, K. (2016): The effects of expert scaffolding in elementary science professional development on teachers' beliefs and motivations, instructional practices, and student achievement. Journal of Educational Psychology, 108, S. 21-42. URL: <https://doi:10.1037/edu0000041>;
- Landwehr, B. (Hrsg.); Mammes, I. (Hrsg.); Murmann, L. (Hrsg.) (2021): Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt? Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, - (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts; 12) - URL: <urn:nbn:de:0111-pedocs-215380> - DOI: 10.25656/01:21538;
- Lipowsky, F.; Rzejak, D. (2021): Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. Bertelsmann Stiftung;
- Gervé, F. (2016): Digitale Medien als „Sache“ des Sachunterrichts. In: Peschel, M.; Irion, T. (Hrsg.): Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven. Frankfurt/M: GSV, S. 121-134;
- Reinmann, G. (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung - In: Unterrichtswissenschaft 33 (1), S. 52-69. URL: <urn:nbn:de:0111-opus-57878> - DOI: 10.25656/01:5787;

Schmayl, W. (2013): Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. Abteilung für technische Bildung an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe (Hrsg.). 2. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren; Tenberge, C. (Hrsg.); Pelz, L.; Gödiker, M.; Spremberg G.; Ernst, C. (2024): Technik – handwerklich und digital erleben. Ein Erweiterungsband mit Unterrichtsideen zur Lösung technischer Problemstellungen. 1. Auflage. Hannover: Friedrich Verlag GmbH.

Solodilow, Nikita/Penning, Isabelle/Fislake, Martin  
Universität Potsdam/Universität Koblenz

## Das Potenzial des Makings für die Technische Bildung

In den letzten Jahren haben sich interessante Entwicklungen im Umfeld der Maker-Bewegung herausgebildet, die sich grundsätzlich in zwei Entwicklungslinien darstellen lassen. Zum einen ist eine zunehmende Präsenz von Makerspaces in Einrichtungen, die bislang keinen technischen Schwerpunkt hatten, zu beobachten, die als außerschulische Lernorte betrachtet werden. Zum anderen wurden und werden spezielle Raumkonzepte für Makerspaces in Schulen entwickelt und angeboten. Weil in diesem Kontext in der Literatur regelmäßig betont wird, dass ein Makerspace als ideale Umgebung für verschiedene Aktivitäten wie Konstruieren, Programmieren, technische Zeichnen und handwerkliche Tätigkeiten angesehen werden kann, ergibt sich hypothetisch eine Schnittmenge zwischen der Technischen Bildung und dem Ansatz der Maker Education. Dieser Ansatz zielt darauf ab, Idee und Praktiken der Maker-Bewegung in die Bildung von Kindern und Jugendlichen zu integrieren. Im vorliegenden Beitrag soll daher genau auf dieser theoretisch-konzeptionellen Ebene der folgenden Frage nachgegangen werden: Welchen Beitrag kann Making zur technischen Bildung leisten? Dazu wird ausgehend von einer Literaturanalyse aufgezeigt, was das Making und die Maker Education kennzeichnet. Es wird diskutiert, welches (Bildungs-)Potenzial Maker Education hat und welchen Beitrag sie gegenwärtig und in Zukunft zur technischen Bildung leisten könnte, wobei auch die Möglichkeit einer gegenseitigen Beeinflussung untersucht wird.

### Literatur:

Ingold, S., Maurer, B. & Trüby, D. (2019) „Chance Makerspace: Eine Einführung“, in Ingold, S., Maurer, B. & Trüby, D. (Hg.) Chance MakerSpace: Making trifft auf Schule, München, kopaed, S. 10–15;.  
Mersand, S. (2021). The state of makerspace research: A review of the literature. TechTrends, 65, 174–186. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00566-5>;  
Wiesmüller, Christian (2021): Wirklich(e) Technische Bildung im Allgemeinen. In Müller, Marc; Schumann, Svantje: Technische Bildung. Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis. Münster, New York: Waxmann. Zugegriffen am 21.05.2023 unter: [https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21357/pdf/Mueller\\_Schumann\\_2021\\_Technische\\_Bildung.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21357/pdf/Mueller_Schumann_2021_Technische_Bildung.pdf)

### Methodische Reihe in Varianten am Beispiel der Buchstütze

Die methodische Reihe greift die Idee der Technologie-Darstellung auf und erweitert sie, um im Bereich der Gestalten- oder Fertigungskompetenz die Planungskompetenz zu entwickeln. Es werden Varianten der Umsetzung gezeigt, die Lernenden befähigen ihrer Planungskompetenz zu entwickeln, mit anderen Lernenden in den Diskurs zu gehen und ihren Standpunkt zu begründen. Mögliche Erweiterungen greifen die Werkzeugnutzung auf und ermöglichen eine Vielfalt von technischen Lösungen. Es werden Parallelen zu Fertigungsaufgabe und deren Erweiterung zum selbstständigen Lernen gezeigt. Am Beispiel eines mehrteiligen Werkstücks der Buchstütze werden weitere Methoden wie das technische Experiment bei der Planung des Werkstücks demonstriert.

#### Literatur:

- Schmayl, W., Wilkening, F., & Bienhaus, W. (1995). *Technikunterricht: Lehr- und Arbeitsbuch für die Sekundarstufe I und II*. (2. überarbeitete Auflage). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt;
- Görner, H. (1963). *Das Sportspiel: Seine Didaktik und Methodik*. Schorndorf: Hofmann. <https://www.lehrer-online.de/unterricht/sekundarstufen/naturwissenschaften/technik/arbeitsmaterial/am/die-methodische-reihe-am-beispiel-der-buchstuetze/>, 14.03.2024.



*Tsavalakoglou, Philippos/Kasper, Lutz/Leifheit, Luzia/Nepper, Hannes Helmut/Pfeifer, Jochen/Weiler, David/Winkelmann, Jan*

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

### Astrochat – KI-gestützte Himmelsbeobachtungen in der Schulpraxis

Die Astronomie, also die Beobachtung, Beschreibung und Erklärung von Himmelskörpern und Phänomenen im Universum, findet gegenwärtig im Realschulunterricht in Baden-Württemberg kaum Beachtung (KM, 2016a, 2016b; Clausnitzer, 2021). Dabei ist hinlänglich bekannt, dass Themenfelder der Astronomie für Schüler\*innen interessant sind und dabei helfen können, ihre naturwissenschaftlich-technischen Fähigkeiten zu verbessern, insbesondere wenn es um das Verständnis von grundlegenden Naturgesetzen und Prinzipien geht (bspw. Gravitation, Optik, elektromagnetischen Strahlung). Um diesem „blinden Fleck“ nachhaltig entgegenzuwirken wurde ein mikrocontrollerbetriebene DIY-Astronomiestation entwickelt, die per interaktiven Chatbot gesteuert werden kann und deren Umweltdaten, Bildmaterial und Videosequenzen in einer Messengergruppe geteilt werden. Handlungsleitend war dabei eine Synthese von Maker Education (Hughes, 2022), Educational Technology (Januszewski & Molenda, 2008) und Citizen-Science (Vohland et al., 2021) Sequenzen, bei denen Schüler\*innen aktiv am technologischen Entwicklungsprozess partizipieren und forschend-entdeckend lernen können.

#### Literatur:

- Clausnitzer, L. (2021). Ist die Astronomie ein Spezialgebiet? Online verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/magazin/astronomie-in-der-schule/1912198> (20.02.2023);
- Januszewski, A., & Molenda, M. (2008). DefiniTon. In A. Januszewski & M. Molenda (Hrsg.), *Educational technology* (S. 1–14). New York: Lawrence Erlbaum;
- KM (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport) (2016a) (Hrsg.). *Bildungsplan 2016. Physik*. Stuttgart: KM;
- KM (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport) (2016b) (Hrsg.). *Bildungsplan 2016. Technik Wahlpflichtfach*. Stuttgart: KM;
- Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., PonT, M., Samson, R. & Wagenknecht, K. (2021). *The Science of Citizen Science*. Cham: Springer.

Wiemer, Tobias/Rothe, Marius/Landherr, Jan  
 Universität Potsdam/Universität Oldenburg

### Maker Education im Kontext Allgemeiner Technische Bildung: Forschungsperspektiven und Implikationen für die Praxis

Weltweit werden in Bildungseinrichtungen wie Schulen und Universitäten sowie an weiteren Standorten Maker-Spaces eingerichtet. Das vorrangige Ziel dabei ist es, die Innovationskraft und Kreativität zu steigern, wobei zahlreiche Berührungspunkte mit der formalen Bildung entstehen, was zur Weiterentwicklung und Professionalisierung von Maker Education beiträgt (vgl. Heinzl & Seidl, 2020, S. 1). In der wissenschaftlichen Literatur wird Maker-Education oft im Hinblick auf die sogenannten 21st Century Skills diskutiert, eine Sammlung von Kompetenzen, die als essenziell für das Leben im 21. Jahrhundert angesehen werden. Dazu gehören typischerweise die „4Cs“ (Kreativität, Kritisches Denken, Kommunikation und Zusammenarbeit) (vgl. Bialik et al., 2015). Die Forschung diskutiert intensiv die Parallelen und Unterschiede zwischen Maker Education und der traditionellen technischen Bildung, ein Thema von internationalem Interesse (vgl. Walan & Brink, 2023, S. 820–829; Westerhof, O’Kane & Duffy, 2023, S. 830–839). Maker-Education soll aktives und konstruktives Lernen unterstützen und basiert auf den Prinzipien der Maker-Bewegung, mit einem Schwerpunkt auf Selbstlernen, Teilen und Zusammenarbeit. Inspiriert von Seymour Paperts Konstruktivismus, der Lernen durch physisches oder konzeptionelles Konstruieren fördert, betont der Ansatz der Maker-Education die Bedeutung des sozialen Kontextes und interaktiven Lernens (Martinez & Stager, 2013, S. 17ff.; Vossoughi & Bevan, 2014, S. 8ff.; Papert, 1991, S. 1ff.). Aus der Perspektive der allgemeinen technischen Bildung betrachtet, zeigt sich, dass Maker-Education in vielen Bereichen Gemeinsamkeiten mit typischen Aufgaben aus der Technikdidaktik hat. Dazu zählen Fertigungs- und Konstruktionsaufgaben sowie Projektaufgaben. Gerade Letzteres wird häufig in Lernlabor-Settings eingesetzt. Im Rahmen eines Masterkurses nahmen drei Schulklassen an einem Maker-Education-Lehr-Lernlabor an der Universität Oldenburg teil. Angesichts der noch begrenzten Studienlage im Bereich der Maker-Education wurden die Schülerinnen und Schüler dabei zu einer Vielzahl unterschiedlicher Konstrukte aus der Lernforschung befragt, um einen umfassenden Einblick in verschiedene Aspekte eines solchen Lernsettings zu erhalten und Ansätze für weitere Untersuchungen zu finden. Die Aspekte reichen von der Nutzung des bereitgestellten Materials bis zur Selbstwirksamkeit bei der Durchführung der Aufgaben. Im Vortrag wird das Setting beschrieben und die gewonnenen Erkenntnisse als mögliche Forschungsperspektiven vorgestellt.

#### Literatur:

- Heinzl V., Seidl, T. (2020). Perspektiven der Makerbewegung. Historische Entwicklung und zentrale Dimensionen. In V. Heinzl, T. Seidl, & S. Stang: Lernwelt Makerspace. Berlin: De Gruyter. S. 9–18;
- Bialik, M., Fadel, C., Trilling, B. & Groff, J.S. (2015). Skills for the 21st Century: What Should Students Learn?. Boston: Center for Curriculum Redesign.  
[https://www.researchgate.net/publication/318681750\\_Skills\\_for\\_the\\_21st\\_Century\\_What\\_Should\\_Students\\_Learn#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/318681750_Skills_for_the_21st_Century_What_Should_Students_Learn#fullTextFileContent) (Zuletzt geprüft: 21.07.2023);
- Walan, S., & Brink, H. (2023). Pupils’ reflections on the use of a digital self-assessment tool to identify and measure development of 21st century skills during maker activities in schools. In S. Davies, M. McLain, A. Hardy & D. Morrison-Love (Hrsg.): The 40th International Pupils’ Attitudes Towards Technology Conference Proceedings 2023, 31 October–3 November. Liverpool John Moores University, Liverpool, UK, S. S.820–829;
- Westerhof, M. B., O’Kane, C., & Duffy, G. (2023). Developing spatial literacy through designing origami: advancing maker education pedagogy with maker études: advancing maker education pedagogy with maker études. In S. Davies, M. McLain, A. Hardy & D. Morrison-Love (Hrsg.): The 40th International Pupils’ Attitudes Towards Technology Conference Proceedings 2023, 31 October–3 November. Liverpool John Moores University, Liverpool, UK, S. S.830–839;
- Martinez, S. L., & Stager, G. (2013). Invent to learn. Torrance: Constructing Modern Knowledge Press;

Vossoughi, S., & Bevan, B. (2014). Making and Tinkering: A Review of the Literature. National Research Council Committee on Out of School Time STEM, S. 1 – 55. White House Press Secretary (2014, June 18);  
FACT SHEET: President Obama to host first-ever White House Maker Faire. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2014/06/18/fact-sheet-president-obama-host-first-ever-white-house-Maker-faire> (Zuletzt geprüft: 27.07.2023);  
Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In I. Harel & S. Papert (Hrsg.): Constructionism. Ablex Publishing Corporation, S. 1–11.

Gregory, Nikolai  
Grace-Hopper-Gesamtschule Teltow

### Physische Modelle innerhalb einer Schulstunde entwerfen mit Kyub

KYUB ist das System für projektbezogenes, physisches Lernen im Schulunterricht. Es ist das weltweit einzige System, das das Entwerfen und Prototyping von Objekten bis zur Größe eines Stuhls innerhalb von Unterrichtseinheiten ermöglicht. KYUB wurde am Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering unter meiner Leitung erforscht und entwickelt. Geschützt durch vier Patente umfasst das System nicht nur interaktive Software und Lerninhalte, sondern auch die Steuerung von Fertigungsmaschinen, wie zum Beispiel Laser-Cutter. KYUB enthält eine Bibliothek fächerübergreifender Lerninhalte, in deren Mittelpunkt jeweils ein Gegenstand steht. Deren Auswahl ist ambitioniert, so gibt es beispielsweise belastbare Möbelstücke und spielbare Musikinstrumente. Sie werden erst von den Lernenden im Webbrowser konstruiert und gestaltet, dann später physisch hergestellt. Durch das zielorientierte, praktische Machen entstehen Interesse, Engagement und Spaß. Zugänge zu darunter liegenden Lerninhalten aus anderen Schulfächern werden eröffnet. Unser System wird gerade erstmals in einer Gesamtschule in Brandenburg auf Basis einer fünfjährigen Zusammenarbeit eingesetzt. Ein erstes Projekt läuft in den achten Klassen: an 15 Projekttagen verteilt über das Schulhalbjahr planen und bauen 120 Schülerinnen und Schüler jeweils ihre eigene Cajon und gestalten am Ende mit diesen Instrumenten ein Abschlusskonzert. Neben WAT sind die Fächer Mathematik, Physik, Englisch und Musik im Team.

In dem Workshop werden Teilnehmer\*innen die verschiedenen Grundfunktionen der Software kennenlernen und in verschiedenen Aufgaben eigene Objekte designen. Dabei wird der Einsatz im Unterricht exemplarisch nachgezeichnet und Beispielaufgaben aus verschiedenen Themengebieten der Unterrichtspraxis bearbeitet. Der virtuelle Bau einer Cajon, CO<sub>2</sub>-Ampel oder eines architektonischen Gebäudes sind solche Gegenstände. Zum Ende des Workshops können die Teilnehmenden ein Beispielobjekt zusammenbauen und mit nach Hause nehmen.

#### Anmerkungen:

Das Mitbringen eines eigenen Endgeräts ist erwünscht.

#### Literatur:

Kyub: Siebtklässler bauen an einem Tag selbst designte Bluetooth Lautsprecher im Schulunterricht

<https://www.youtube.com/watch?v=yxeoc4xrkl8>;

Kyub: digitales und analoges Lernen verbinden—in 90 Minuten von der Idee bis zum fertigen Modell

<https://www.youtube.com/watch?v=IgtUjycP5hY>;

Patrick Baudisch, Arthur Silber, Yannis Kommana, Milan Gruner, Ludwig Wall, Kevin Reuss, Lukas Heilman, Robert Kovacs, Daniel Rechlitz, and Thijs Roumen. 2019. Kyub: a 3D Editor for Modeling Sturdy Laser-Cut Objects. In 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Proceedings (CHI 2019), May 4–9, 2019, Glasgow, Scotland, UK. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300796>

<https://www.youtube.com/watch?v=7QXbwj9nT9Y>;

Annette Kuhn. 21.9.2021. KYUB will digitales und analoges Lernen verbinden. Deutsches Schulportal der Robert Bosch Stiftung. <https://deutsches-schulportal.de/unterricht/kyub-will-digitales-und-analoges-lernen-verbinden>.

*Grün, Sebastian*  
Europa-Universität Flensburg

### Digital Zeichnen mit Shapr3D – Grundlagen und Perspektiven für die Lehre

Der Workshop soll in das Programm einführen und grundlegende Kenntnisse zum Umgang mit der digitalen Zeichensoftware Shapr3D vermitteln. Zudem wird ein Ausblick der Verwendung der Software für die Lehre (schulisch wie universitär) gegeben. Der Workshop beinhaltet einen Austausch über selbst gewonnene Erfahrungen aus der Universitären Lehre im Bereich der Technischen-Kommunikation.

#### Anmerkungen:

Die Software funktioniert auf allen gängigen Plattformen: PC, Mac, iPad. Das Mitbringen eines eigenen Endgeräts ist erwünscht. Die Verwendung des Programmes ist für den Educational-Bereich kostenlos. Benötigt wird eine E-Mailadresse einer Schule, Universität oder Fachhochschule.

## Technisches Konstruieren im Übergang vom Sachunterricht der Grundschule zum fächerverbindenden Unterricht der Orientierungsstufe

Im Projekt StartlearnING werden Unterrichtsbausteine im Übergang vom Sachunterricht zum technischen und zum naturwissenschaftlichen Unterricht der Sek I entwickelt und evaluiert, die zum Ziel haben, fachbezogene Lernzugänge themenorientiert zu vernetzen. Ein Anspruch des Projektes ist es unter anderem, anschlussfähige naturwissenschaftliche und technische Kompetenzen im Übergang von der Grund- zur weiterführenden Schule zu fördern. In der Werkstatt lernen die Teilnehmer\*innen anhand eines Beispiels kennen, wie Schülerinnen und Schüler technisches Konstruieren (Binder 2013) unter Zuhilfenahme biologischen Wissens (Weitzel & Schaal 2012) erlernen können. Kennzeichnend für den Ansatz ist das systematische und iterative Vorgehen beim Konstruieren. Die Teilnehmer\*innen entwickeln, bauen und analysieren einen „technischen Arm“, der bei einer Spaß-Maschine eingesetzt werden soll. Sie nutzen Sachinformationen zum biologischen Bewegungsapparat (Endo- und Exoskelett und Tentakel) und Beispiele aus ihrer Umgebung, um ihre eigenen Ideen zu analysieren und neue Ideen zu bekommen. Und sie sehen, wie das mit Alltagsmaterialien möglich ist, sodass im Unterricht der Zugang zu Materialien nicht zu einem Hindernis wird. Dabei orientiert sich die Vorgehensweise eng an der Arbeitsweise von Ingenieuren (Hennig 2020, VDI 1993).

### Literatur:

- Binder, M. (2013): Zum Verhältnis von Planen und technischem Handeln. Beobachtungen, Reflexionen und Folgerungen für den Technikunterricht. Zeitschrift für Technik im Unterricht, 38(150), 5-15;
- Hennig, Monika (2020): Ingenieurstudierende konstruieren. In: tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht 45 (178), S. 38-40;
- Schmayl, W. (2010): Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren. VDI (1993): Richtlinie VDI 2221. <https://www.vdi.de/technik/fachthemen/produkt-und-prozessgestaltung/fachbereiche/produktentwicklung-und-mechatronik/themen/rilis-methodik/richtlinie-vdi-2221-methodik-zum-entwickeln-und-konstruieren-technischer-systeme-und-produkte/> [03.02.2018];
- Weitzel, H. & Schaal, S. (2012): Biologie unterrichten: planen, durchführen, reflektieren. Berlin: Cornelsen Scriptor.