

## **3D-Druck als Lernkontext im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 1 und 2**

### **Problemlage und Zielstellung**

Die zunehmende Digitalisierung der Welt führt zu Veränderungen in verschiedenen gesellschaftlichen Domänen. Neben den Auswirkungen auf soziale Domänen kann auch eine digitale Transformation in der Arbeitswelt von mechanischen oder analogen zu digitalen automatisierten Prozessen konstatiert werden (Kirchner, 2015; BMAS, 2016; Kaiser et al., 2021). Dies zeigt sich u.a. in der Zunahme von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) in Administration und Service. Des Weiteren wird auch in Produktionsprozessen vermehrt auf digitale Technologien zurückgegriffen (Calvino et al., 2018). Ein Beispiel einer neuen relevanten Technologie der digitalen Arbeitswelt ist die 3D-Druck-Technologie. Gemeinsamkeit der unter diesem Überbegriff vereinten Technologien ist der additive Aufbau eines Objekts (Fastermann, 2014; Junk, 2017), der von formativen oder subtraktiven Produktionsverfahren abgegrenzt werden kann.

Eine Folge der digitalen Transformation der Arbeitswelt sind die veränderten Anforderungen an die Kompetenzprofile (zukünftiger) Arbeitnehmer\*innen (Grundke et al., 2017; BMAS, 2020). Ein wichtiger Bestandteil des Bildungsauftrages allgemeinbildender Schulen ist es, die Lernenden zu einem erfolgreichen Übergang in die Arbeitswelt zu befähigen. Aufgrund dessen soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern der 3D-Druck in schulische Prozesse eingebunden werden kann, um den Lernenden die frühzeitige Auseinandersetzung mit einem wichtigen digitalen Werkzeug der modernen Arbeitswelt zu ermöglichen.

### **3D-Druck im (regulären) Mathematikunterricht**

Um den 3D-Druck im regulären Schulunterricht zu thematisieren, bieten sich drei verschiedene Möglichkeiten an (u.a. Rose, 2012):

- Die 3D-Druck-Technologie kann als Lerninhalt des Unterrichts verstanden werden. Hierbei könnten beispielsweise im Informatikunterricht auf die Funktionsweisen der Technologie oder im Chemieunterricht auf materialwissenschaftliche Aspekte eingegangen werden.
- Die 3D-Druck-Technologie kann als Lernunterstützung genutzt werden, um u.a. Visualisierungshilfen oder Unterrichtsmaterialien für die Lernenden zu erstellen (u.a. Witzke & Heitzer, 2019).

- Die 3D-Druck-Technologie kann als Lernkontext im regulären Schulunterricht genutzt werden, indem bestehende curriculare Inhalte im Kontext des 3D-Drucks unterrichtet werden. Hierzu existieren bereits erste Ansätze (Emmermann et al., 2016).

Für das vorliegende Vorhaben zum 3D-Druck im Mathematikunterricht wurde der dritte Ansatz gewählt. Basis dafür ist die Annahme, dass sich durch das Aufgreifen curricularer Unterrichtsinhalte mehr Möglichkeiten zum Einsatz des 3D-Drucks ergeben, die Akzeptanz erhöht wird und so mehr Mathematiklehrkräfte erreicht werden.

### **Forschungsziel, Methodik und konzeptueller Rahmen**

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist, den 3D-Druck so als Lernkontext im regulären Mathematikunterricht zu implementieren, dass dieser aus Sicht der digitalen Arbeitswelt vorbereitend und authentisch ist, von den Lehrkräften akzeptiert wird und bei den Lernenden sowohl die mathematischen als auch die digitalen Kompetenzen fördert.

Das Vorhaben wird mithilfe des Educational Design Research (Plomp & Nieveen, 2013) umgesetzt. Ziel des Designprozesses ist es, Unterrichtsideen und –konzepte zu entwickeln, die sich in bestehende Mathematik- und Schulcurricula eingliedern lassen. Im Designprozess werden hierfür verschiedene Schritte durchlaufen. Die Rahmenbedingungen von Industrie, Handwerk und Wirtschaft sowie des Mathematikunterrichts wurden mithilfe von Interviews beziehungsweise eines Online-Fragebogens erhoben. Die aus den Rahmenbedingungsstudien formulierten Erwartungen und Bedarfe beider Expert\*innengruppen dienen anschließend als Grundlage für die Formulierung der Unterrichtsideen und –konzepte. Um eine Auswahl von Unterrichtsinhalten zu treffen, wurde zunächst der mathematische Gehalt innerhalb der technischen Prozesse der 3D-Druck-Technologie analysiert (hier: Unterteilung in Modellierung, Tessellierung/Triangulation, Slicing, Druckprozess) und anschließend mit dem mathematischen Fachcurriculum (hier: Fachanforderungen Schleswig-Holstein) abgeglichen. Nach der Erstellung eines prototypischen Unterrichtskonzepts soll dieses in fünf verschiedenen Evaluationszyklen evaluiert werden. Innerhalb dieser Evaluationszyklen dienen Vertreter\*innen aus Industrie, Handwerk und Wirtschaft sowie Mathematiklehrkräfte als Expert\*innen zur sukzessiven Verbesserung der Unterrichtskonzepte.

- Innerhalb des ersten Evaluationszyklus wird die theoretische Umsetzbarkeit und Akzeptanz des Unterrichtskonzepts evaluiert. Hierbei werden

Lehrkräfte um ein fragenbasiertes Feedback u.a. zur Verständlichkeit der Konzepte und zu Unterstützungswünschen gebeten.

- Der zweite Evaluationszyklus fokussiert die Authentizität der Einbindung des 3D-Drucks in den Mathematikunterricht. Industrievertreter\*innen aus verschiedenen Branchen geben hier ein fragengeleitetes Feedback, ob der 3D-Druck realitätsgetreu als digitales Werkzeug verwendet wird und ob die geförderten Kompetenzen relevant für (zukünftige) Arbeitnehmer\*innen sind.
- Hierauf folgt eine erste Evaluation des Unterrichtskonzepts im Kontext Schule. Diese erfolgt durch die Beobachtung einer Umsetzung im Mathematikunterricht. Ein Beobachtungsschwerpunkt ist hier beispielsweise der Umgang der Lernenden mit den Aufgaben.
- Im Anschluss daran wird eine Pilotierung der Mehrwerts-Evaluation im Laborkontext umgesetzt. Hier wird das Unterrichtskonzept in einem Workshop-Format thematisiert und mit zwei Erhebungen im Prä-Post-Modell begleitet. Innerhalb dieser Befragungen werden Daten zu verschiedenen Konstrukten (z.B. Selbstkonzept, Berufsinteresse) erhoben.
- Im vorerst letzten Zyklus wird die Mehrwerts-Evaluation im Feld durchgeführt. Das an die Lerngruppe angepasste Unterrichtskonzept wird durch die Lehrkraft unterrichtet. Die Unterrichtseinheit wird von einer Prä-Post-Erhebung begleitet. Innerhalb dieser Erhebungen werden neben den Konstrukten aus Zyklus 4 auch Daten zu digitalen und mathematischen Kompetenzen erhoben. Abschließend wird die Unterrichtseinheit und das erstellte Unterrichtsmaterial durch die Lehrkraft beurteilt.

Die vorgestellten Evaluationszyklen wurden bis zum vierten Zyklus bereits für einen Prototypen zum Unterrichtsinhalt „Zusammengesetzte Körper“ der Sekundarstufe 1 durchgeführt. Die auf Basis des Designprozess formulierten Designprinzipien wurden hierbei iterativ angepasst.

### **Ausblick**

Nach Abschluss des fünften Evaluationszyklus für das prototypische Unterrichtskonzept zum Lerninhalt „Zusammengesetzte Körper“ sollen weitere Unterrichtskonzepte zu den identifizierten Verknüpfungsaspekten zwischen der Mathematik in den technischen Prozessen des 3D-Drucks und dem Mathematikcurriculum erstellt werden. Diese durchlaufen einen verkürzten Evaluationsprozess.

Für die weitere Nutzung der Unterrichtskonzepte durch Lehrkräfte werden Fortbildungen angeboten, die die Lehrkräfte auf die Nutzung der Konzepte

vorbereiten sollen. Zudem werden die erstellten Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte auf einer Open Educational Resources (OER) Plattform zugänglich gemacht, die eine Weiterentwicklung der Materialien ermöglicht.

## Literatur

- Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2016). *Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung*. <https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb-468-digitalisierung-am-arbeitsplatz.html>
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2020). *Digitalisierung im Arbeitsalltag von Beschäftigten: Konsequenzen für Tätigkeiten, Verhalten und Arbeitsbedingungen*. <https://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/Forschungsberichte/fb-555-digitalisierung-im-arbeitsalltag-von-beschaeftigten.html>
- Calvino, F., Criscuolo, C., Marcolin, L. & Squicciarini, M. (2018). *A taxonomy of digital intensive sectors*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2018, (14). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f404736a-en>
- Emmerman, L., Groth, T. & Halverscheid, S. (2016). Polytope mit dem 3-D-Drucker herstellen. Räumliches Denken und Operieren mit Koordinaten in Klasse 7. *Praxis der Mathematik*, 69, 31–34.
- Fastermann, P. (2014). *3D-Drucken. Wie die generative Fertigungstechnik funktioniert*. Springer.
- Junk, S. (2017). *Onshape – kurz und bündig. Praktischer Einstieg in Cloud-basiertes CAD und 3D-Druck*. Springer Fachmedien.
- Grundke, R., Jamet, S., Kalamova, M., Keslair, F. & Squicciarini, M. (2017). *Skills and global value chains: A characterization*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2017, (05), OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/cdb5de9b-en>
- Kaiser, S., Kozica, A., Littig, B., Müller, M., Rauch, R. & Thiemann, D. (2021). DigiTraIn 4.0: Ein Beratungskonzept für die Transformation in eine digitale Arbeitswelt. In W. Bauer, S. Mütze-Niewöhner, S. Stowasser, C. Zanker & N. Müller (Hrsg.), *Arbeit in der digitalisierten Welt. Praxisbeispiele und Gestaltungslösungen aus dem BMBF-Förderschwerpunkt* (S. 415–425). Springer.
- Kirchner, S. (2015). Konturen der digitalen Arbeitswelt. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 67(4), 763–791. <https://doi.org/10.1007/s11577-015-0344-3>
- Plomp, T. & Nieveen, N. (Hrsg.). (2013). *Educational Design Research – Part A: An introduction*. Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO).
- Rose, D. E. (2012). Context-Based Learning. In N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (S. 799–802). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6\\_1872](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1872)
- Witzke, I. & Heitzer, J. (2019). 3D-Druck: Chance für den Mathematikunterricht? Zu Möglichkeiten und Grenzen eines digitalen Werkzeugs. *Mathematik Lehren*, 217, 2–9.