



56

MedienPädagogik

Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung

Making & more: gemeinsam Lernen gestalten

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

Themenheft Nr. 56

Making & more: gemeinsam Lernen gestalten

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Titel: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten
Herausgebende: Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle
Cover & Design: Klaus Rummler
Produktion: Klaus Rummler
Verlag: *OAPublishing Collective Genossenschaft* für die Zeitschrift MedienPädagogik, hrsg. durch die Sektion Medienpädagogik (DGfE)
Herstellung: Books on Demand GmbH, Norderstedt, Deutschland
Reihe: Themenhefte
Nummer: 56

ISBN (print): 978-3-03978-007-5
ISBN (online): 978-3-03978-062-4
DOI-URL: <https://doi.org/10.21240/mpaed/56.X>
ISSN: 1424-3636



© Zürich, April 2024. Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), alle Rechte liegen bei den Autor:innen

Das Werk und jeder seiner Beiträge, sind urheberrechtlich geschützt. Sie dürfen das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten, das Material remixen, verändern und darauf aufbauen und zwar für beliebige Zwecke. Unter folgenden Bedingungen: Namensnennung – Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz einschl. Original-DOI beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben müssen den üblichen wissenschaftlichen Zitierformaten folgen.

Diese Publikation wurde finanziert durch den Open-Access-Fonds (iOAF) der Pädagogischen Hochschule Zürich.

Inhalt

Editorial: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle	i
«Ich mach' mir die Welt, widdewidde wie sie mir gefällt». Medien- und Technikgestaltung als Artikulation Thomas Knaus und Jennifer Schmidt	1
Making als Bildungsinnovation. Gelingensfaktoren aus Sicht der Schulentwicklung Björn Maurer und Selina Ingold	37
BioTinkering – Biologie als faszinierendes Making-Thema in den Naturwissenschaften. Überlegungen zur Konzeption und Durchführung von BioTinkering-Aktivitäten Florian Furrer, Juanita Schläpfer-Miller, Bernadette Spieler und Manuela Dahinden	69
«Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will» – Funktionslogiken gestaltend auf die Spur kommen. Praxisbericht aus einem interdisziplinären FabLab-Workshop für Grundschüler:innen Elisa Dittbrenner und Linya Coers	98
Zusammen.machen – Schulen bei der Einrichtung eines Makerspace systemisch unterstützen. Ein Praxisbericht aus prozessbegleitender Perspektive zur Implementierung von «Makerhubs» an elf Schulen in Hamburg Johanna Tewes und Kerstin Boveland	132
Inklusive und nachhaltige Maker Education an Schulen. Ein Scoping Review Ingo Bosse, Björn Maurer und Jan-René Schluchter	155
Pädagogisches Making an einer Gesamtschule in sozialräumlich deprivierter Lage. Eine Fallstudie Max Blindenhöfer	195
Didaktische Szenarien im Bereich Produktionstechnologien. Eine explorative Erhebung zur Nutzung von neun Lehr- und Lernräumen in Wien und Niederösterreich Christoph Braun, Matthias Steinböck, David Haselberger und Fares Kayali	216
Projekt Kreativmarkt @Smartfeld. Making, Entrepreneurship & Upcycling mit Primarschulkindern Fatmir Raciipi, Stephanie Eugster und Céline Hutter	242
Hack your Curricula. Making im Fachunterricht mit Lernzielvorgaben verknüpfen Mirek Hančl	269

MAKER DAYS for Kids. Durchführungen und Varianten im Überblick Maria Grandl, Hannah Bunke-Emden, Danilo Dietsch, Martin Ebner, Kristin Narr, Anna Schaffert und Sandra Schön	281
Digital Fabrication als Brücke zwischen Making und Informatik David Baberowski, Thiemo Leonhardt und Nadine Bergner	314
«Making im Unterricht». Erfahrungen von Lehrpersonen aus dem Design- Based-Research-Projekt Bernadette Spieler, Tobias M. Schifferle und Manuela Dahinden	331
Integration der Maker Education in die Lehramtsausbildung – das Digitallabor der Universität Osnabrück. Aufbau und konzeptionelle Weiterentwicklung eines Makerspaces mit Blick auf die Anbahnung von Digitalkompetenz bei Lehramtsstudierenden Alina Stolzenburg, Alexander Beste, Alexander Piwowar, Katharina Schurz und Tobias Thelen	364
ESD «in the Making»? Potentials and Limitations of Educational Making for Education for Sustainable Development Anna-Lena Brown	385
VReraum – ein interdisziplinärer Makerspace für die Entwicklung von VR-/ AR- Lernszenarien Lisann Prote, Anja Tschiersch und Nina Brendel	407
Gelingensbedingungen für die affektive Förderung von Kindern durch einen Robotik-Making-Kurs. Befunde zum Zusammenhang von Schwierigkeiten und Spass und deren Diskussion aus motivationspsychologischer Sicht Luisa Greifenstein, Ewald Wasmeier, Ute Heuer und Gordon Fraser	429
From Smartphone to Fabric: Mobile Embroidery Programming. Improving the maker workflow to reduce entry barriers in STEAM Sarina Gursch, Stephan Robinig, Patrick Ratschiller, Stefan Kutschera, und Wolfgang Slany	457
Praxisbericht aus der Schule Lachenzelg (Zürich): Erprobung eines Lasercutter-Projektes im Jahrgangsübergreifenden Unterricht Saskia Gantner und Philippe Minet	479
Making und die Informatik. Zugänge und die «high ceiling» im Making Nadine Dittert und Melanie Stilz	494
MakeComp4School. Kompetenzrahmen für Maker Education in der Schule mit Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung Björn Maurer	518

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

Editorial: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten

Bernadette Spieler¹ , Manuela Dahinden² , Klaus Rummler¹ 
und Tobias M. Schifferle¹ 

¹ Pädagogische Hochschule Zürich

² Eidgenössische Technische Universität (ETH) Zürich

1. Einleitung

Der digitale Wandel durchdringt alle Bereiche unserer Gesellschaft und stellt uns vor Herausforderungen, die eine ständige Anpassung und Weiterentwicklung der Kompetenzen erfordern. Im Zentrum dieser Veränderungen steht die Bildung, die nicht nur auf neue Inhalte und Methoden reagieren, sondern auch innovative Wege finden muss, um Lernende auf eine zunehmend komplexe und technologische Welt vorzubereiten. Vor diesem Hintergrund widmet sich dieses Themenheft der Zeitschrift MedienPädagogik dem Schwerpunkt «Making & more: gemeinsam Lernen gestalten» und untersucht, wie *Making* als pädagogischer Ansatz zur Vermittlung digitaler und praktischer Fähigkeiten beitragen kann und spiegelt in seiner Vielfalt und Tiefe das kreative sowie dynamische Potenzial wider, das Making in der Bildung entfalten kann.

Making, ein Konzept, das sowohl digitale als auch handwerkliche Fertigungstechniken umfasst, eröffnet neue Horizonte für das Lehren und Lernen. Es ermöglicht Lernen durch Machen und Entdecken und fördert nicht nur technische Fähigkeiten, sondern unter anderem auch kreatives Denken, Problemlösungskompetenz und die Zusammenarbeit an grösseren und kleineren Projekten. Making steht somit im Fokus dieser Ausgabe, welche einen Anstoss für neue Diskussionen zur Rolle von Making im Bildungskontext geben kann.

2. Beiträge

Insgesamt umfasst diese Ausgabe 21 Beiträge, die sich aus unterschiedlichen Perspektiven mit dem Thema Making befassen. Diese Beiträge lassen sich grob in drei Kategorien einteilen: theoretische Grundlagen, Praxisberichte und didaktische Konzepte. Durch die Vielfalt der Themen und Ansätze bietet das Heft einen umfassenden Überblick über aktuelle Diskussionen und Entwicklungen im Bereich der Maker Education im deutschsprachigen D-A-CH-Raum.

Die **theoretischen Grundlagen** spiegeln sich in Beiträgen wider, die sich mit den pädagogischen, bildungswissenschaftlichen, informatischen, psychologischen und soziokulturellen Aspekten von Making beschäftigen (Knaus und Schmidt 2023; Baberowski, Leonhardt, und Bergner 2024; Spieler, Schifferle, und Dahinden 2024; Brown 2024; Dittert und Stilz 2024; Maurer 2024). Sie bieten eine eingehende Analyse der durch Making angeregten Lernprozesse und diskutieren die Potenziale und Herausforderungen, die mit der Integration von Making in den Bildungskontext verbunden sind. In den Beiträgen wird zum Beispiel hervorgehoben, wie Making technische und digitale Kompetenzen fördert oder als erweiterte Form menschlicher Kommunikation fungieren kann. Zudem wird die Verbindung zwischen Making und dem Informatikunterricht hergestellt und gezeigt, wie dieser durch die Kombination praktischer und theoretischer Konzepte der Informatik bereichert werden kann.

Die **Praxisberichte** sind eine besonders wertvolle Ressource, da sie Einblicke in konkrete Making-Projekte an Schulen und anderen Bildungseinrichtungen geben (Tewes und Boveland 2023; Blindenhöfer 2024; Hančl 2024; Grandl u. a. 2024; Gursch u. a. 2024; Gantner und Minet 2024). Diese Beiträge zeigen, wie Making in verschiedenen Fächern und Bildungsstufen integriert werden kann und welche Auswirkungen dies auf Lernende und Lehrende hat. Besonders hervorzuheben sind die innovativen Ansätze zur Förderung fächerübergreifender Projektarbeit, die nicht nur digitale, sondern auch analoge Werkzeuge einbeziehen und damit das Lernspektrum deutlich erweitern. In den Beiträgen wird verdeutlicht, wie Making in den Schulalltag integriert und zur Förderung von Schlüsselkompetenzen genutzt werden kann.

Schliesslich geben **didaktischen Konzepte** einen Einblick in die Planung und Durchführung von Making-Aktivitäten (Maurer und Ingold 2023; Furrer u. a. 2023; Dittbrenner und Coers 2023; Bosse, Maurer, und Schluchter 2024; Braun u. a. 2024; Ricipi, Eugster, und Hutter 2024; Stolzenburg u. a. 2024; Prote, Tschiersch, und Brendel 2024; Greifenstein u. a. 2024). Sie reflektieren die Notwendigkeit einer angepassten Didaktik, die den Besonderheiten von Making gerecht wird, und diskutieren Ansätze zur Schulentwicklung, die darauf abzielen, Making als integralen Bestandteil des Lehrplans zu verankern.

Die Beiträge in diesem Themenheft machen deutlich, dass Making weit mehr als eine Sammlung von Techniken und Werkzeugen ist. Es ist eine Bildungsphilosophie, die Lernen als einen aktiven, kreativen und sozialen Prozess versteht. Making fördert nicht nur individuelle Fähigkeiten, sondern auch eine Kultur der Zusammenarbeit und des Austauschs, die für die Gestaltung nachhaltiger Bildungssysteme entscheidend ist. Gemeinsamkeiten zwischen den Beiträgen unterstreichen nachdrücklich, wie wichtig Interdisziplinarität, Kreativität und die Entwicklung von

Schlüsselkompetenzen für die moderne Bildung sind. Making erscheint hier als eine transformative Methode, die weit über die bloße Vermittlung technischer Fertigkeiten hinausgeht. Sie befähigt Lernende, sich kritisch mit ihrer Umwelt auseinanderzusetzen, Probleme innovativ zu lösen und kreative Lösungen zu finden. Making hebt sich dadurch hervor, dass es Inklusion und Nachhaltigkeit als zentrale bildungspolitische Themen in seine Lehrmethoden integriert. Diese thematische Verschmelzung zeigt, dass Making nicht nur ein Mittel zur Vermittlung von Fähigkeiten ist, sondern auch ein Wegbereiter für eine Bildung, die auf die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen ausgerichtet ist.

Die theoretische Einordnung der Beiträge spiegelt die konstruktivistische Sichtweise des Lernens wider, die Lernen als einen aktiven, selbstgesteuerten Prozess versteht. Making unterstützt diesen Ansatz, indem es die Lernenden aktiv in den Lernprozess einbezieht und ihnen ermöglicht, ihr Wissen durch die Erstellung konkreter Produkte zu vertiefen. Die Bedeutung für den Erwerb überfachlicher Kompetenzen, die in den Beiträgen hervorgehoben wird, spiegelt die Anforderungen moderner Bildungskontexte wider.

Das Themenheft «Making & more: Lernen gemeinsam gestalten» leistet einen wichtigen Beitrag zur Diskussion über die Rolle von Making in der Bildung. Es bietet nicht nur einen umfassenden Überblick über aktuelle Praktiken und theoretische Ansätze, sondern lädt dazu ein, die vielen Möglichkeiten, die das Making für das Lernen und Lehren bietet, zu erkunden und weiterzudenken.

Die Herausgebenden möchten sich bei allen Autor:innen für ihre wertvollen Beiträge danken. Ihr Engagement für die Maker Education und die Bereitschaft, Erkenntnisse und Erfahrungen zu teilen, machen diese Ausgabe zu einer wichtigen Ressource für alle, die an der Schnittstelle von Bildung, Technologie und Kreativität tätig sind.

3. Qualitätssicherung

Der Call for Papers für das Themenheft «Making & more: gemeinsam Lernen gestalten» rief bis Oktober 2022 zur Einreichung von Abstracts auf, die anschliessend in einem zweifachen editorial-review begutachtet wurden. Die Rückmeldungen an die Autor:innen dienten als Hinweise bzw. Auflagen zur Ausarbeitung der Volltexte. Die eingereichten Volltexte wurden durch externe Fachexpert:innen im zweifachen double-blind peer-review Verfahren begutachtet und anschliessend durch die Autor:innen anhand der Gutachten überarbeitet. Die Überarbeitungen wurden durch die Herausgebenden redaktionell in Bezug auf die überzeugende Umsetzung der Monita in den Gutachten geprüft. Nach der Annahme der Überarbeitungen wurden die Beiträge durch ein wissenschaftliches Lektorat bearbeitet und anschliessend zur Veröffentlichung produziert.

4. Förderhinweise

Diese Publikation wurde finanziert durch den Open-Access-Fonds (iOAF) der Pädagogischen Hochschule Zürich.

Das Innovationsprojekt «Making im Unterricht» wurde von der Digitalisierungsinitiative Zürcher Hochschulen (DIZH) gefördert (<https://dizh.ch/2022/01/03/making-im-unterricht/>).

Das Projekt «Biotinkering for Youth» wurde vom Schweizerischen Nationalfonds gefördert (SNSF Agoraprojekt: <https://data.snf.ch/grants/grant/200184>).

Beiträge

Baberowski, David, Thiemo Leonhardt, und Nadine Bergner. 2024. «Digital Fabrication als Brücke zwischen Making und Informatik». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 314–30. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.02.05.X>.

Blindenhöfer, Max. 2024. «Pädagogisches Making an einer Gesamtschule in sozialräumlich deprivierter Lage: Eine Fallstudie». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 195–215. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.11.X>.

Bosse, Ingo, Björn Maurer, und Jan-Rene Schluchter. 2024. «Inklusive und nachhaltige Maker Education an Schulen: Ein Scoping Review». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 155–94. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.10.X>.

Braun, Christoph, Matthias Steinböck, David Haselberger, und Fares Kayali. 2024. «Didaktische Szenarien im Bereich Produktionstechnologien: Eine explorative Erhebung zur Nutzung von neun Lehr- und Lernräumen in Wien und Niederösterreich». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 216–41. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.12.X>.

Brown, Anna-Lena. 2024. «ESD «in the Making»? Potentials and Limitations of Educational Making for Education for Sustainable Development». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 385–406. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.03.01.X>.

- Dittbrenner, Elisa, und Linya Coers. 2023. «Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will» – Funktionslogiken gestaltend auf die Spur kommen: Praxisbericht aus einem interdisziplinären FabLab-Workshop für Grundschüler:innen». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 99–132. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.04.X>.
- Dittert, Nadine, und Melanie Stilz. 2024. «Making und die Informatik: Zugänge und die ›high ceiling‹ im Making». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 494–517. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.04.04.X>.
- Furrer, Florian, Juanita Schläpfer-Miller, Bernadette Spieler, und Manuela Dahinden. 2023. «BioTinkering – Biologie als faszinierendes Making-Thema in den Naturwissenschaften: Überlegungen zur Konzeption und Durchführung von BioTinkering-Aktivitäten». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 69–97. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.03.X>.
- Gantner, Saskia, und Philippe Minet. 2024. «Praxisbericht aus der Schule Lachenzelg (Zürich): Erprobung eines Lasercutter-Projektes im Jahrgangsübergreifenden Unterricht». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 479–93. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.03.22.X>.
- Grandl, Maria, Hannah Bunke-Emden, Danilo Dietsch, Martin Ebner, Kristin Narr, Anna Schaffert, und Sandra Schön. 2024. «Maker Days for Kids: Durchführungen und Varianten im Überblick». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 281–313. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.25.X>.
- Greifenstein, Luisa, Ewald Wasmeier, Ute Heuer, und Gordon Fraser. 2024. «Gelingensbedingungen für die affektive Förderung von Kindern durch einen Robotik-Making-Kurs: Befunde zum Zusammenhang von Schwierigkeiten und Spass und deren Diskussion aus motivationspsychologischer Sicht». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 429–56. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.03.15.X>.
- Gursch, Sarina, Stephan Robinig, Patrick Ratschiller, Stefan Kutschera, und Wolfgang Slany. 2024. «From Smartphone to Fabric: Mobile Embroidery Programming: Improving the Maker Workflow to Reduce Entry Barriers in STEAM». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift Für Theorie Und Praxis Der Medienbildung* 56 (Making & more): 457–78. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.03.20.X>.
- Hančl, Mirek. 2024. «Hack your Curricula: Making im Fachunterricht mit Lernzielvorgaben verknüpfen». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 269–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.24.X>.

- Knaus, Thomas, und Jennifer Schmidt. 2023. «Ich mach' mir die Welt, widdewidde wie sie mir gefällt: Medien- und Technikgestaltung als Artikulation». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 1–36. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.01.X>.
- Maurer, Björn. 2024. «MakeComp4School: Kompetenzrahmen für Maker Education in der Schule mit Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 518–58. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.04.08.X>.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2023. «Making als Bildungsinnovation: Gelingensfaktoren aus Sicht der Schulentwicklung». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 37–68. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.02.X>.
- Prote, Lisann, Anja Tschiersch, und Nina Brendel. 2024. «VReraum – ein interdisziplinärer Makerspace für die Entwicklung von VR-/AR- Lernszenarien». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 407–28. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.03.08.X>.
- Racipi, Fatmir, Stephanie Eugster, und Céline Hutter. 2024. «Projekt Kreativmarkt @Smartfeld: Making, Entrepreneurship & Upcycling mit Primarschulkindern». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 242–68. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.13.X>.
- Spieler, Bernadette, Tobias M. Schifferle, und Manuela Dahinden. 2024. «Making im Unterricht: Erfahrungen von Lehrpersonen aus dem Design-Based-Research-Projekt». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 331–63. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.02.14.X>.
- Stolzenburg, Alina, Alexander Beste, Alexander Piwowar, Katharina Schurz, und Tobias Thelen. 2024. «Integration der Maker Education in die Lehramtsausbildung – das Digitallabor der Universität Osnabrück: Aufbau und konzeptionelle Weiterentwicklung eines Makerspaces mit Blick auf die Anbahnung von Digitalkompetenz bei Lehramtsstudierenden». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 364–84. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.02.19.X>.
- Tewes, Johanna, und Kerstin Boveland. 2023. «Zusammen.machen – Schulen bei der Einrichtung eines Makerspace systemisch unterstützen: Ein Praxisbericht aus prozessbegleitender Perspektive zur Implementierung von <Makerhubs> an elf Schulen in Hamburg». Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler, und Tobias M. Schifferle. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 132–54. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.05.X>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

«Ich mach' mir die Welt, widdewidde wie sie mir gefällt»

Medien- und Technikgestaltung als Artikulation

Thomas Knaus^{1,2}  und Jennifer Schmidt¹ 

¹ Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

² Frankfurter Technologiezentrum [:Medien] – FTzM

Zusammenfassung

Kommunikation ist grundlegende Voraussetzung für gesellschaftliche Handlungsfähigkeit. Aufgrund des digitalen Wandels kommunizieren Individuen nicht nur vermehrt mit und innerhalb digitaler Medien, sondern können sich auch zunehmend mittels der Gestaltung medialer und digitaler Artefakte artikulieren. In diesem Beitrag widmen wir uns dem Gestalten von Medien und Technik als erweiterte Form menschlicher Artikulation. Im Rahmen einer medienethnografischen Studie auf Basis des Frankfurt-Dreiecks als Referenzrahmen spürten wir den neuen Artikulationsformen nach, die digitale Medien und Technik anbieten. Die Auswertung zeigt, dass diese neuen Artikulationsformen von den meisten Proband:innen (noch?) nicht umfänglich genutzt werden – zumindest nicht in allen möglichen Dimensionen. Technische Artikulationsfähigkeit als Erweiterung individueller Handlungskompetenz ist offenbar keine «angeborene» menschliche Befähigung, sondern eine Kompetenz, die erlernt werden kann – etwa wie eine Sprache oder ein Musikinstrument. Wie auch Medienbildung können technische Artikulationsfähigkeiten pädagogisch gefördert werden – gleichermassen sollten sie es auch. Denn in einer digitalen Welt dient die pädagogisch angeleitete Ausprägung von Artikulationsfähigkeiten nichts Geringerem als dem Erhalt gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit. In der praktischen Arbeit in Makerspaces konnten wir beobachten, dass gerade die handlungsorientierten Ansätze Tinkering, Coding, Making oder Hacking zur gezielten Förderung der in diesem Beitrag exemplarisch identifizierten Artikulationsformen beitragen können.



«I See the World, Widdewidde Just the Way I Want To». Creative Media and Technical Practice as Means of Expression

Abstract

The individual's capacity to become a socially empowered subject in modern society rests upon their ability to communicate. As they respond to the digital change, individuals are not only broadening their communicative activities with and within digital media, they are also being equipped with the potential to express themselves via digital and media artefacts. This article therefore approaches creative media and technical practice as extended forms of human expression. Taking the Frankfurt-Triangle [Frankfurt-Dreieck] as our framework of reference and by conducting media-ethnographic interviews with students in makerspaces, this article examines the various opportunities for expression presented by digital media and technology. Our findings show that most of our interviewees are not (yet?) using these new forms of expression very extensively – certainly not to their full potential. This shows that human expressiveness is not an «innate» ability, but something that must be learned – like learning a language or a musical instrument. As with media literacy, the potential for expression through technology may be enhanced in the classroom – and should be. This is because, in a digital world, the educational development of an individual's expressive ability means nothing less than the preservation of their social empowerment. Practical work in makerspaces demonstrates that the targeted and action-oriented pedagogical approaches of tinkering, coding, making and hacking are appropriate for promoting the forms of expression identified in this study.

1. Digitale Medieninnovationen und neue Artikulationsformen

Medienentwicklungen – wie die Schrift, der Buchdruck, die Massenmedien oder der Computer beziehungsweise die digitalen Medien – zeigen, dass neue Medien unsere Gesellschaft(en) stets mit neuen Kommunikations- und Partizipationsmöglichkeiten konfrontierten. Dabei haben mediale Innovationen nie ausschliesslich technische Bedeutung: Aufgrund ihrer gesellschaftlichen und kulturellen Prägekraft haben Medieninnovationen stets auch neue Formen individuellen Ausdrucks eröffnet (vgl. u. a. Kümmel, Scholz, und Schumacher 2004). Menschliche Artikulation ist dabei – nicht erst in *postdigitalen* Gesellschaften (vgl. u. a. Cramer 2015) – von Medialität und digitaltechnischer Materialität geprägt: Digitale Medien bieten die Voraussetzung – die «materiellen» Bedingungen dafür – um Gedanken, Ideen, eine Fantasie oder allgemein das Auszudrückende in *Form* zu bringen (vgl. Schwemmer 2005). Insbesondere unter postdigitalen Bedingungen wurden Wahrnehmung und Gestaltung digitaler Medien zur Selbstverständlichkeit und entfalten so umfängliche Auswirkungen auf menschliche Artikulation (vgl. u. a. Jörissen 2015a, 215; Unterberg und Jörissen 2021, 39).

In diesem Beitrag beschäftigen wir uns mit dem Gestalten von Technik als menschliche Artikulation und spüren diesen vergleichsweise neuen Artikulationsformen mittels ethnografischer Interviews mit Studierenden in einem universitären Makerspace nach. Dabei gehen wir davon aus, dass die aufgrund medialer und digitaltechnischer Innovationen erweiterten Gestaltungsmöglichkeiten auch die menschlichen Artikulationsmöglichkeiten sukzessive erweitern. Wir gehen ausserdem davon aus, dass diese neuen Möglichkeiten längerfristig auch neue Fähigkeiten erfordern – wie es die bisherige Mediengeschichte (beispielsweise der Buchdruck) immer wieder zeigte (vgl. Knaus 2020a, 46ff.; Knaus et Al 2023, 13–15). Die Strukturen digitaler Technik – die *Prinzipien des Digitalen* wie Algorithmizität, Automatisierung und Programmierbarkeit, Vernetzung und Referentialität (vgl. Knaus 2020a, 16f.) – ergänzen nämlich die vielfältigen Formen der menschlichen Artikulation nicht unwesentlich. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass technische (Medien-) Entwicklungen dem Individuum erweiterte Handlungsmöglichkeiten anbieten (vgl. Knaus 2020a, 37ff., 54–60), dann erweitern sie dadurch konsequenterweise auch seine Artikulationsmöglichkeiten. Mediale Kommunikationsfähigkeit gilt als wesentliche Grundlage gesellschaftlicher Teilhabe (vgl. u. a. Baacke 1996, 114): Nur wer die eigenen Gedanken und Ideen zum Ausdruck bringen kann, wer sich seiner sozialen Umwelt mitteilen kann, ist gesellschaftlich handlungsfähig (vgl. weiterführend auch Hurrelmann 2002).

Vor dem Hintergrund des medialen Wandels (vgl. u. a. Hepp 2020; Krotz 2016) und des digitalen Wandels (vgl. u. a. Buckingham 2007; Knaus 2020a) finden Kommunikation und Partizipation vermehrt über die Rezeption und Gestaltung medialer und digital-technischer Artefakte statt; in postdigitaler Argumentation sind bereits alle gesellschaftlichen Kommunikations- und Partizipationsprozesse unausweichlich mit der Rezeption und Gestaltung medialer und digitaler Artefakte verbunden. Der Begriff der Postdigitalität¹ verweist darauf, dass alle Bereiche gegenwärtiger Gesellschaften von digitaltechnischen Entwicklungen geprägt sind. Wobei mit Medienrezeption hier nicht nur das «Konsumieren» von Medien gemeint ist: Menschen nutzen Medien und mediale Artefakte nicht nur, vielmehr werden sie hinsichtlich verwendeter semiotischer Zeichen, Repräsentationsformen und Bedeutungen aktiv und auf Grundlage eigener Erfahrungen interpretiert (vgl. u. a. Knaus 2020a, 29–30). Doch eine aktive Auseinandersetzung mit Medien erfolgt nicht (nur) im Prozess der

¹ Vergleichbare Sichtweisen transportieren auch die Begriffe der (tiefgreifenden) Mediatisierung (vgl. Krotz 2016; Hepp 2020), Digital Age (vgl. Hobbs 2011), Computergesellschaft (Baecker 2011) und Kultur der Digitalität (Stalder 2016), während Medienwandel, mediatic turn (vgl. Hug 2007) und digitaler Wandel (vgl. u. a. Buckingham 2007; Knaus 2020a, 16–19) den Prozesscharakter der durch Mediatisierung und Digitalisierung angestossenen gesellschaftlichen und kulturellen Entwicklungen betonen. Obwohl weder der Prozess der Mediatisierung noch der digitale Wandel aufgrund ständiger medialer, (digital-) technischer und auch gesellschaftlicher Weiterentwicklung als vollzogen bezeichnet werden kann, verwenden wir im vorliegenden Beitrag den Begriff der Postdigitalität ebenfalls, da er sich in weiten Feldern der Erziehungs- und Kulturwissenschaften etablierte.

Rezeption und der Interpretation, sondern auch durch ihre produktive Gestaltung. Da mediale und digitale Artefakte potentiell von jedem Menschen gestaltet werden können (vgl. u. a. Knaus 2020a, 31), sind aber nicht (mehr) nur Medien an der Weltwahrnehmung und -gestaltung beteiligt: Aufgrund der grundlegenden Offenheit und Plastizität *digitaler Technik* und der damit einhergehenden erweiterten Handlungsoptionen kann jedes Individuum auch selbst Realitäten und neue Kulturräume erzeugen, beeinflussen oder nachhaltig verändern (vgl. Knaus 2018, 9; Knaus 2020a, 15; Knaus 2022, 54ff.). Im Ergebnis führen die erweiterten digitaltechnischen Kommunikations- und Partizipationsmöglichkeiten zu komplexeren gesellschaftlichen Kommunikationsprozessen: Indem nämlich etablierte kulturelle Praxen nicht von neuen Medienentwicklungen abgelöst, sondern integriert werden, vervielfältigen sich gesellschaftlich-kulturelle Haltungen und Wertvorstellungen (vgl. Baecker 2007, 40). Damit erhält insbesondere die Gestaltung von Medien und Technik durch potentiell jedes Individuum einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die gegenwärtige Kultur und das gesellschaftliche Miteinander (vgl. Schelhowe 2007, 39; Knaus 2020a, 37; Knaus 2020a, 46ff.). Um diese Wirkweisen und Einflüsse nachvollziehen zu können, müssen sie zunächst sicht- und erlebbar gemacht werden.

Ohne unseren Erkenntnissen zu weit vorzugreifen, gehen wir davon aus, dass dieses Erlebarmachen beispielsweise mit Ansätzen der produktiven Medien- und Technikgestaltung – wie der Aktiven Medienarbeit (vgl. Demmler und Rösch 2012) – sowie mittels neuerer Ansätze wie Tinkering, Coding, Making oder Hacking (vgl. u. a. Schön, Ebner, und Kumar 2014; Narr 2018; Knaus 2020a; Knaus und Schmidt 2020; Maurer und Ingold 2021; Spieler und Krnjic 2021; Knaus 2022; Knaus, Schmidt, und Merz 2023) gelingen kann. In diesen Ansätzen können Individuen die aktive (Mit-) Gestaltung von Gesellschaft und Kultur erfahren. Pädagogische Ansätze wie Making verfügen damit über eine wesentliche Bedeutung für die gezielte Förderung gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit in postdigitalen Gesellschaften (vgl. Knaus 2020a, 16ff.; Knaus und Schmidt 2020). In diesem Beitrag wollen wir daher die Formen der medien- und technikbezogenen Artikulationen genauer in den Blick nehmen. Überdies diskutieren wir die Frage, wie die analysierten Artikulationsfähigkeiten zum Erhalt gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit gezielt pädagogisch gefördert werden können. Nicht zuletzt sehen wir darin die Chance, den digitalen Wandel als individuelle Bildungs- und gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe (vgl. Knaus 2020a, 18) zu verstehen.

2. Mediales und technisches Gestalten in postdigitalen Gesellschaften

Der digitale Wandel ist heute so weit fortgeschritten, dass sich Handlungsweisen, die sich in der Interaktion mit digitalen Medien entwickeln, auch auf (noch) «nicht-digitale» Kontexte und Materialitäten auswirken (vgl. Unterberg und Jörissen 2021,

31). Gesellschaftliche Vollzüge und digitaltechnische Entwicklungen lassen sich demnach nicht (mehr) isoliert voneinander betrachten: Kulturelle Handlungsweisen und soziale Praktiken entstehen stets im Zusammenspiel mit technischen Entwicklungen. Daher war eine Differenzierung zwischen «analogen» und digitalen Wirklichkeiten selten zielführend und ist heute vollständig obsolet. Postdigitale Bedingungen prägen menschliche Kommunikations- und Handlungskontexte grundlegend, so prägen sie – mit Blick auf unser Forschungsinteresse – entsprechend auch die menschlichen Artikulationsmöglichkeiten. Im folgenden Abschnitt erläutern wir in einer konzeptionellen Metaperspektive kurz den Artikulationsbegriff und diskutieren das Potential der Medien- und Technikgestaltung als Erweiterung der menschlichen Artikulationsmöglichkeiten. Anschliessend stellen wir unsere aus diesen theoretisch-konzeptionellen Gedanken entwickelten Forschungsfragen vor.

Mit dem Begriff der *Artikulation* sind unterschiedliche Formen des menschlichen Ausdrucks verbunden, in denen Menschen einen Gedanken oder eine Idee durch ihre verbale Sprache oder ihre Körpersprache (wie Gestik und Mimik) verdeutlichen und dadurch «sichtbar» machen. Wenn Menschen persönliche Erlebnisse zum Ausdruck bringen, äussern sie aber nicht nur ihre eigenen Gedanken, sondern stets auch sich selbst (vgl. u. a. Butler 2001). Individuen werden durch diesen Prozess des (Selbst-)Ausdrucks für sich selbst und für andere sichtbar (vgl. Jung 2005, 14; Jörissen 2015b, 58). Artikulationen können daher als gesellschaftliche Positionierungen und Partizipationsmöglichkeiten verstanden werden (vgl. Jörissen und Unterberg 2019, 2). Die Aushandlung persönlicher Erlebnisse in Artikulationsprozessen bietet darüber hinaus die Möglichkeit, sich reflexiv mit eigenen Selbst- und Weltvorstellungen auseinanderzusetzen. Dabei enthält nicht nur die reflexive Artikulation der eigenen Gedanken und Erfahrung Bildungspotentiale, auch die Begegnung mit Artikulationen anderer Menschen können zur reflexiven Auseinandersetzung mit der eigenen Umwelt anregen. Dabei prägen Algorithmen und die «Prinzipien des Digitalen» die menschliche Umwelt nicht (mehr) nur, sie sind integraler Bestandteil sozialer, kultureller oder individueller Prozesse und *schreiben* sich massgeblich in das menschliche Leben ein (vgl. Jörissen und Verständig 2017, 37; vgl. weiterführend zur «Medialen Transparenz» Genz und Gévaudan 2016, 53ff.).

Doch nicht nur die sozialisationstheoretische Perspektive weist auf die enge Verzahnung von Artikulation und Medien hin, auch aus strukturell-technischer Sicht sind Artikulationsprozesse von Medien abhängig. Oswald Schwemmer begründet diese Abhängigkeit damit, dass Medien die «materielle» Seite – die *Strukturbedingungen* – darstellen, durch die Artikulationen überhaupt erst zur Form, zum Ausdruck gebracht und explizit gemacht werden können (vgl. Schwemmer 2005, 52): So wird ein Gedanke über die Materialität des Mediums verwirklicht. Dabei fungieren Medien nicht nur als blosses «Material», durch das sich der Mensch ausdrücken

kann; vielmehr werden durch das Medium auch dessen Strukturen, Muster und Formen in die Artikulation hineingetragen. Neben einer formgebenden Materialität wie Holz, Stein, Papier oder auch Farbe ist also auch die Medialität von Bedeutung – die den Medien zugrunde liegenden medialen Strukturen, Muster und Formen wie auch Codes und Zeichen. Die mediale Struktur muss demnach in artikulativen Prozessen bewusst gemacht und miteinbezogen werden. Die Betrachtung von Artikulationsformen kommt aber – neben der Bedeutung von Materialität und Medialität – gegenwärtig kaum ohne den Blick auf die Strukturen, Muster und Formen *digitaler Technik* beziehungsweise den *Prinzipien des Digitalen* wie Automatisierung, Universalität und Binarität, Code, Programmierbarkeit und Algorithmizität, Vernetzung und Referentialität aus (vgl. Jörissen und Unterberg 2019; Knaus 2020a). Artikulationsprozesse sind nämlich nicht mehr nur auf die mediale Ebene (vgl. zu *visueller oder audiovisueller Artikulation* auch Jörissen und Marotzki 2009) begrenzt. Vielmehr erlaubt die digitale Technik überdies auch eine direkte Interaktion zwischen Mensch und Maschine (vgl. Knaus 2020a, 27). Mit anderen Worten: Auch die digitaltechnische Basis eröffnet Individuen zunehmend Artikulationsmöglichkeiten.

In einer postdigitalen Gesellschaft ist daher nicht mehr nur der versierte und selbstbestimmte Umgang mit *Medien*, sondern auch der reflektierte Umgang mit *digitaler Technik* zur Erlangung und Erhaltung gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit² relevant: Handlungsfähigkeit erfordert nämlich zunächst, Strukturen und Prinzipien zu kennen und zu verstehen, auf die Gesellschaften aufbauen. Da soziale Prozesse in postdigitalen Gesellschaften mittels digitaler Medien miteinander verwoben sind, erfordert gesellschaftliche Handlungsfähigkeit neben medienbezogener Kompetenz künftig auch digitaltechnikbezogene Kompetenzen. Um diese Strukturen sicht- und verstehbar zu machen, eignen sich – analog zur Aktiven Medienarbeit (vgl. Knaus, Schmidt, und Merz 2023) – handlungsorientierte Zugänge des technischen Gestaltens wie beispielsweise das medienpädagogische Making (vgl. Knaus und Schmidt 2020; Meissner 2022). In Makerspaces können Individuen mediale und digitale Artefakte modifizieren oder eigenständig entwickeln und auf diese Weise deren digitaltechnische Strukturen, Prinzipien und Funktionsweisen handlungsorientiert kennen- und verstehen lernen. Makerspaces bieten Zugänge zu Werkzeugen

2 Medienkompetenz als klassische Zielperspektive der Medienpädagogik baut auf dem Konzept der *kommunikativen Kompetenz* auf (vgl. u. a. Knaus, Merz, und Junge 2023; Knaus und Tulodziecki 2023, 12–14) und beschreibt die Fähigkeit, Medien in aktiv aneignender Weise und zur Erreichung eigener Ziele einzusetzen, mit Medien souverän und verantwortungsvoll umzugehen, zu kommunizieren und zu partizipieren (vgl. Baacke 1996, 114). Trotz aller Weiterentwicklungen, Re-Definitionen neuer Leitbilder und (Kompetenz-)Modelle (vgl. u. a. Aufenanger 1997; Buckingham 2007; Gapski 2001; Groeben und Hurrelmann 2002; Hobbs 2011; Knaus 2020b; Tulodziecki 2011) blieb doch das übergeordnete Ziel, die Förderung gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit, über die vergangenen Medienentwicklungen weitgehend unverändert (vgl. weiterführend auch Knaus, Merz, und Junge 2023).

und Maschinen. Zugleich sind sie Lern- und Erfahrungsräume, in denen kreatives Arbeiten, offenes Lernen, die Zusammenarbeit mit anderen und das Entwickeln und Gestalten digitaler Artefakte im Zentrum steht.

Dass sich Individuen über Artefakte artikulieren und Elemente materieller Kultur Auswirkungen auf das menschliche Leben und auf Sozialisationsprozesse haben, ist nicht neu (vgl. zu *Material Culture Studies* u. a. Tilley et al. 2006; Nohl 2011): Selbsterstellte Artefakte haben aber nicht nur eine individuelle Bedeutung für den Herstellenden; sie materialisieren Kommunikation und sagen damit etwas über das Wissen, die Fähigkeiten sowie das Handeln derjenigen aus, die sie geschaffen haben. Artefakte beeinflussen also nicht nur ihre Schöpfer:innen, sondern stets auch das Denken und Handeln anderer. Durch den gesellschaftlichen Kontext, in dem sie entstehen und verwendet werden, tragen sie zur Orientierung, Strukturierung und schliesslich zur (Mit-)Gestaltung von Kultur und Gesellschaft bei (vgl. u. a. Lueger und Froschauer 2021, 293).

Aus dieser theoretischen Herleitung ergibt sich die zentrale Forschungsfrage der in diesem Beitrag vorgestellten Studie: Inwiefern erweitert das Gestalten von Technik menschliche Artikulationsmöglichkeiten? Und daran anschliessend: Wie kann das technische Gestalten gezielt pädagogisch gefördert werden?

3. Forschungsdesign

Um Antworten für die zuvor hergeleiteten Forschungsfragen zu erhalten, bedienen wir uns eines medienethnografischen Forschungsdesigns: Zur Erhebung führten wir ethnografische Interviews, die wir mittels einer inhaltlich-strukturierenden Qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Kuckartz 2018) und entlang des *Frankfurt-Dreiecks* als Referenzrahmen (vgl. Brinda et al. 2020) auswerteten. In der folgenden Methodendiskussion (3.1) stellen wir zunächst Ansätze vor, die bisher zur Beantwortung vergleichbarer Fragen herangezogen wurden, und prüfen sie hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für unser Vorhaben. Im Rahmen der Methodenbeschreibung (3.2) erläutern wir das von uns gewählte Forschungsdesign sowie den Erhebungskontext und die Soziodemografie der Proband:innen. Anschliessend stellen wir unsere Ergebnisse anhand des *Frankfurt-Dreiecks* vor und formulieren abschliessend die hieraus hergeleiteten pädagogischen Handlungsempfehlungen.

3.1 Methodendiskussion

Zur Analyse von Handlungsweisen, die sich in der Interaktion mit digitalen Medien entwickeln, eignen sich qualitative subjektorientierte Zugänge in besonderer Weise. Je nach Erkenntnisinteresse finden ethnografische (vgl. u. a. Thomas 2019) oder biografische (vgl. u. a. Fuchs-Heinritz 2009; Krüger und Marotzki 2006) Ansätze

Verwendung. Im Kontext der vorliegend beschriebenen Studie sowie zur Bearbeitung der zuvor entwickelten Forschungsfragen wählten wir einen ethnografischen Zugang. Ethnograf:innen beschäftigen sich typischerweise mit der Erforschung sozialer Praktiken, von Artefakten, Erzählungen und Lebenswelten (vgl. Breidenstein et al. 2020, 15). In der *Medienethnografie* wird im Besonderen die Nutzung und Gestaltung von Medien sowie ihre sozial-kulturelle Einbindung fokussiert (vgl. Bachmann und Wittel 2006). Die Anfänge medienethnografischer Forschung waren in den 1980er-Jahren vornehmlich von der Medienrezeptionsforschung geprägt (vgl. u. a. Bergmann 2008, 328). Im Kontext postdigitaler Lebenswelten widmen sich Forscher:innen umfänglicher ethnografischen Zugängen, da diese sich in besonderer Weise für Analysen im Kontext digitaltechnischer Entwicklungen eignen (vgl. beispielsweise zu *Digitaler Ethnografie* König 2020 sowie zu *ethnografischer Erforschung algorithmischer Systeme* u. a. Seaver 2017; Christin 2020; Verständig 2022; zur *Sozio-Medialität in der ethnografischen Forschung* Bettinger 2023).³ Für diesen Beitrag haben wir die selbst gestalteten digitalen Artefakte der Studierenden – ihre medialen und technischen Artikulationen – erforscht. Für die noch kaum erforschten medialen und technischen Interaktions- und Bedeutungsmuster eignet sich der explorative und kontextbezogene Stil der medienethnografischen Forschung in idealer Weise – zumal auch die soziokulturelle Einbindung dieser Interaktions- und Bedeutungsmuster in unserem Vorhaben von zentralem Interesse war.

Ethnografische Forschung lässt sich mit vielfältigen Erhebungsmethoden der qualitativen Sozialforschung realisieren (vgl. Schütze 1994). So können zur Datenerhebung Methoden wie teilnehmende Beobachtungen, Interviews oder Gruppendiskussionen herangezogen werden. Gerade durch die Kombination der Erhebungsmethoden kann umfassendes und dichtes Datenmaterial, bestehend aus Dokumenten, Schriftstücken und Protokollen, generiert werden (vgl. Breidenstein et al. 2020, 83). In der hier beschriebenen Studie wollen wir uns daher – nicht zuletzt auch mit Blick auf die Grösse der Proband:innengruppe (vgl. Abschnitt 3.2.1) – auf eine zentrale Erhebungsmethode konzentrieren. Da die subjektive Bedeutung der selbst hergestellten digitalen Artefakte im Fokus unseres Vorhabens steht, wollten wir mit den Gestalter:innen der Artefakte ins Gespräch kommen. Dafür wählten wir das explizite *ethnografische Interview*, das sich an den formalen Interviewformen der qualitativen Sozialforschung orientiert (vgl. u. a. Thomas 2019, 85; Breidenstein et al. 2020, 93). Durch die Verwendung von offenen und erzählgenerierenden Fragen wollten wir den befragten Studierenden Raum für weiterführende Hinweise und eigene Bezüge

³ Gerade in der Medienpädagogik ist die ethnografische Forschung sehr etabliert: So vereinte beispielsweise das internationale Praxis- und Forschungsprojekt *VideoCulture*, in dem Filme von Jugendlichen aus unterschiedlichen soziokulturellen Milieus produziert und interpretiert wurden, medienethnografische und medienpädagogische Perspektiven (vgl. Niesyto 2017). Auf dieser verbindenden Grundlage entstanden einige weiterführende Ansätze. So entwickelte beispielsweise Michael Waltinger im Rahmen seines Dissertationsprojektes die medienethnografische Forschungsmethode *MediaMap* zur Erforschung von Medienaneignung (vgl. Waltinger 2017).

geben. Gleichermassen diene uns die Verwendung eines groben Leitfadens als thematische Orientierung und Strukturierung, um den Mittelpunkt des Gesprächs – die digitalen Artefakte – adäquat zu fokussieren. Da wahlweise die digitalen Artefakte, die Gestalter:innen oder ihr soziokulturelles Umfeld im Zentrum stehen sollen, wählten wir dieses semi-strukturierte Vorgehen. Auch hier zeigt sich die Passung des ethnografischen Interviews, denn narrativ-biografische Interviews (vgl. Schütze 1983) wären für dieses semi-strukturierte Setting weniger gut geeignet.

Die Entscheidung für eine sprachgestützte Erhebungsmethode birgt grundlegende Limitationen, die in dieser Methodendiskussion nicht unerwähnt bleiben sollen: Die Proband:innen wurden im Rahmen der ethnografischen Interviews gebeten, über ihre Making-Erfahrungen zu sprechen. Dies erfordert zunächst, dass diese sich an die jeweiligen Situationen erinnern, um sie gedanklich zu rekonstruieren. Danach müssen die Proband:innen ihre erinnerten und rekonstruierten Erfahrungen mit eigenen Worten wiedergeben. Die Erkenntnisse aus dem Gespräch sind daher massgeblich von den Erinnerungs-, Kommunikations- und Reflexionsfähigkeiten der Proband:innen abhängig, während der Erkenntnisprozess gleich mehrere Filter durchläuft – auch auf Seiten der Forschenden. Das Ziel qualitativer Forschungsvorhaben besteht darin, soziale Wirklichkeit zu rekonstruieren und zu verstehen (vgl. u. a. Kergel 2018, 45). Die gewonnenen «verbalen Daten» sind stets subjektive Interpretationen und spiegeln daher nur einen Ausschnitt aus einer bestimmten Wirklichkeit wider (vgl. Aufenanger 2011, 98). Es ist daher davon auszugehen, dass die Proband:innen in den Interviews eher von einschlägigen oder prägenden Erlebnissen berichten werden, bei deren Verbalisierung sie sich wohlfühlen, oder von solchen, an die sie sich in besonderer Weise erinnern. Folglich können un- oder unterbewusste (Sinn-)Strukturen, Verhaltens- oder Denkmuster unerkannt bleiben, obwohl sie aber für die weitere Analyse der Artikulation sehr wohl bedeutend sein können. Um diese bekannten methodischen Schwächen zu mildern, standen die von den Proband:innen gestalteten Artefakte physisch im Zentrum der Gesprächssituation. Ausserdem fanden die Interviews an dem Ort statt, an dem die Artefakte entstanden sind – im Makerspace der Hochschule. Dieses kontextbezogene Forschungssetting ist ein einschlägiges Merkmal der Medienethnografie. Darüber hinaus müssen die als soziale Erwünschtheit bekannten Antwortverzerrungen beachtet werden: Die Studierenden könnten ihre Making-Erfahrungen so formulieren, dass diese sich mit den angenommenen Erwartungen der Forschenden decken. Bei der gewählten Erhebungsmethode sind Antwortverzerrungen aufgrund sozialer Erwünschtheit also zwar grundsätzlich denkbar, da die Fragen jedoch insgesamt als eher unstrittig einzuordnen sind, dürfen wir davon ausgehen, dass diese mögliche Fehlerquelle das Antwortverhalten nicht nachhaltig beeinflusste.

Zur Auswertung der erhobenen Daten bedienen sich Forscher:innen in vergleichbaren medienethnografischen Forschungsvorhaben mitunter interpretativer Verfahren wie der *Grounded Theory* (vgl. u. a. Schlör 2017; Hepp und Schmitz 2022), der *Qualitativen Inhaltsanalyse* (vgl. Waltinger 2017) oder arbeiten diskursanalytisch (vgl. Bettinger et al. 2020). Nicht selten entwickeln sie auch eigene Auswertungsverfahren (vgl. Röser et al. 2018). Zur Sammlung und Auswertung unseres Datenmaterials würde sich grundsätzlich ein hermeneutischer Forschungsstil anbieten, wie er beispielweise in der *Grounded Theory* (vgl. Glaser und Strauss 2010) Verwendung findet. Zu unserer Fragestellung passt aber eine Strukturierung der Inhalte der Interviewtranskripte besser, um auf Basis dieser Strukturierungen mit dem Frankfurt-Dreieck weiterzuarbeiten (vgl. Abschnitt 3.2.3). Um die Interviewtranskripte möglichst systematisch und regelgeleitet zu analysieren, eignen sich grundsätzlich Ansätze der Qualitativen Inhaltsanalyse. Die *inhaltlich strukturierende Qualitative Inhaltsanalyse* zählt zum Kern qualitativer Inhaltsanalysen. Etabliert sind im Besonderen die Ansätze von Philipp Mayring (2010) und Udo Kuckartz (2018). Während Philipp Mayring in seinem Ansatz die theoriegeleitete Analyselogik betont, lässt Udo Kuckartz offen, ob Kategorien aus dem Material entwickelt oder aus der Theorie abgeleitet werden. Diese Offenheit bezüglich der Kategorienbildung passt gut zum erkenntnisleitenden Interesse unserer Studie. Um den explorativen Charakter auch in der Datenauswertung zu stützen, haben wir uns für die inhaltlich strukturierende Qualitative Inhaltsanalyse nach Udo Kuckartz entschieden. Das von Udo Kuckartz vorgeschlagene deduktiv-induktive Vorgehen zur Kategorie- und Musterbildung erlaubt uns eine explorative Arbeitsweise: Wir können Kategorien aus dem Material berücksichtigen, aber auch theoretische und konzeptionelle Vorannahmen im Kategoriensystem einbringen (vgl. Kuckartz 2018, 63–95). Mit der inhaltlich-strukturierenden Qualitativen Inhaltsanalyse ist es möglich, das Gesagte der Proband:innen über ihre selbst erstellten digitalen Artefakte zu identifizieren, zu konzeptualisieren und das Material im Hinblick hierauf eingängiger zu beschreiben (vgl. Schreier 2014, 6).

Um Reflexions- und Bildungsprozesse in postdigitalen Gesellschaften zu analysieren und Erfordernisse für gesellschaftliche Partizipation zu formulieren, eignen sich zu diesem Zweck entwickelte Modelle, Orientierungs- und Referenzrahmen. Die Autor:innen des *Frankfurt-Dreiecks* (vgl. Brinda et al. 2020; vgl. Abb. 1) haben eine solche Reflexionsbasis entwickelt und schlagen – passend zur Form eines Dreiecks – drei Perspektiven vor, die für Bildungsprozesse im Kontext des digitalen Wandels wesentlich sind: die technologisch-mediale, die gesellschaftlich-kulturelle und die Interaktionsperspektive. Um die in unserer Studie identifizierten medialen und technischen Artikulationsmuster im Kontext komplexer postdigitaler Gesellschaften betrachten zu können, bietet sich ein multiperspektivischer Orientierungsrahmen an. Das Frankfurt-Dreieck bietet uns aufgrund der zahlreichen konkretisierbaren Anschlüsse und Bezugspunkte sowohl an den Seiten als auch an den Eckpunkten eben

eine solche multiperspektivische Orientierung. Auch die von dem multidisziplinären Autor:innen-Team gewählten Prozesse – die Analyse, die Reflexion und die Gestaltung der digitalen Phänomene und Artefakte – verfügen über eine ideale Passung zum zuvor dargestellten Konzept der Medien- und Technikgestaltung.

Wenn subjektive Einschätzungen der Forschenden in die Interpretationen der Ergebnisse einfließen, können auch die Erkenntnisse der Datenauswertung verzerrt werden. Die vorliegend beschriebene Studie zeigt daher primär Momentaufnahmen der Proband:innen: Präsentiert wird ein Ausschnitt subjektiv bedeutender Making-Erlebnisse, die die Studierenden verbalisieren wollten und konnten. Damit rekonstruieren unsere Ergebnisse zwar nicht in umfänglicher Weise alle möglichen Prozesse der technischen Gestaltung beziehungsweise des Makings, aber sie können einen ersten Eindruck über individuelle Interaktions- und Bedeutungsmuster vermitteln, die in der Artikulation mittels Medien und Technik zum Tragen kommen können. Verzerrungen durch die subjektiven Einschätzungen der Forscher:innen sind zur Frage nach subjektiv bedeutsamen Erlebnissen der Befragten nicht sehr wahrscheinlich. Um dennoch denkbare Verzerrungen zu minimieren, wurden die Interpretationen der unterschiedlichen Proband:innen nach gemeinsamer Kategorienbildung von einer Person vorgenommen. Dadurch wurden alle Interpretationen durch einen identischen subjektiven Filter beeinflusst. Für eine ergänzende breiter angelegte Studie, die auf Basis der vorliegenden theoretischen und methodologischen Vorarbeit umgesetzt werden kann, böte sich bei Auswertung durch mehrere Forscher:innen die Bestimmung des Inter-Rater-Reliabilitätskoeffizienten an.

Um die erhobenen Daten kontextbezogen auszuwerten und eine ideale Passung zwischen der gewählten medienethnografischen Forschungsstrategie, dem Gegenstand und den Bedingungen im Feld zu erreichen (vgl. Breidenstein 2020, 39), entwickelten wir mit der Kombination aus induktiv-deduktiver Kategorienbildung und der Analyse mittels des Frankfurt-Dreiecks ein eigenes Auswertungsverfahren, das im folgenden Abschnitt detaillierter beschrieben wird.

3.2 Methodenbeschreibung

In diesem Abschnitt erläutern wir zunächst das medienethnografische Forschungsdesign der vorliegend beschriebenen Studie einschliesslich Erhebungsmethode, Soziodemografie der Proband:innen sowie den pädagogisch-didaktischen Kontext. Im Anschluss stellen wir das Frankfurt-Dreieck als Referenzrahmen und die Qualitative Inhaltsanalyse zur Auswertung des Datenmaterials vor. Die Datenerhebung der durchgeführten Studie fand in zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Interviewserien statt (vgl. Abschnitt 4.5).

3.2.1 Erhebungsmethode: Medienethnografisches Forschungsdesign

In der ersten Interviewserie wurden zehn Studierende im Zeitraum von Oktober 2022 bis Januar 2023 in ethnografischen Interviews befragt. Die Interviewlänge lag zwischen 35 und 60 Minuten. Alle Interviews wurden auditiv aufgezeichnet. Der Interviewleitfaden wurde zuvor einem Pretest unterzogen und entsprechend weiterentwickelt. In den Interviews baten wir die Proband:innen zunächst, ihr selbst gestaltetes Making-Projekt zu beschreiben, das auch das räumliche Zentrum der Gesprächssituation bildete. Alle Interviews starteten daher mit einer einheitlichen Erzählaufforderung: «Bitte beschreiben Sie Ihr Making-Projekt. Erzählen Sie gerne von Ihrer Motivation, möglichen Hintergründen oder persönlichen Bedeutungen in Bezug auf Ihr Making-Projekt». Im weiteren Gesprächsverlauf sprachen wir über die Idee für das jeweilige Projekt und wie sich diese über den Gestaltungsprozess veränderte. Weiter orientierten wir uns an folgenden Leitfragen: Was war das Ziel zum Start Ihres Making-Projekts? Inwiefern hat sich die Ausgangsidee über den Arbeitsprozess verändert? Inwiefern gab es Besonderheiten/Auffälligkeiten im Gestaltungsprozess? Wie haben Sie gearbeitet? Haben Sie mit jemandem zusammengearbeitet oder allein? Wozu nutzen Sie das gestaltete Produkt/Projekt aktuell oder wozu werden Sie es nutzen?

3.2.2 Erhebungskontext und Soziodemografie

Die Interviews fanden gemäss dem gewählten ethnografischen Ansatz dort statt, wo die digitalen Artefakte der Studierenden entstanden sind; dies war in allen Fällen der Makerspace des Verbundprojekts an der PH Ludwigsburg (PHL). Der pädagogisch-didaktische Makerspace adressiert alle Lehramtsstudierenden der Hochschule mit dem Ziel, deren *digitalisierungsbezogene Kompetenzen* zu fördern (vgl. Knaus und Schmidt 2020, 31ff.). Im Makerspace erhalten die Lehramtsstudierenden Zugang zu Geräten und Tools und können die Geräte eigenständig ausprobieren. Hieraus können sie Interesse für die Arbeit mit den Geräten und Tools entwickeln sowie weitere (digital-)technische Möglichkeiten kennenlernen (vgl. Knaus, Schmidt, und Merz 2023).

Alle Proband:innen sind Lehramtsstudierende der PHL und studieren Lehramt für die Sekundarstufe I oder Sonderpädagogik. Befragt wurden Lehramtsstudierende sowohl auf Bachelor- (BA) als auch auf Masterniveau (MA). Die Proband:innen wurden persönlich im Makerspace angefragt, ob sie an der Studie teilnehmen möchten. Gefragt wurden primär Studierende, die überdurchschnittliches Interesse an der Arbeit im Makerspace sowie den Materialien und Geräten zeigten. Die Proband:innen widmeten sich in ihren Making-Projekten unterschiedlichen Schwerpunkten – die Motivation, im Makerspace zu arbeiten, war entsprechend vielfältig:

Die Studierenden⁴ arbeiteten sowohl im Kontext von Lehrveranstaltungen als auch aus persönlichem Interesse an eigenen Projekten. Der Fokus auf Lehramtsstudierende ergab sich aus der Zielgruppe des Verbundprojekts *MakEd_digital*,⁵ in dessen Arbeitszusammenhängen der Makerspace der Hochschule eingerichtet wurde und betrieben wird. Die soziodemografischen Daten der Proband:innen können Tabelle 1 entnommen werden.

	Fächerkombination	Stg.	Grad	Alter
P01	Geschichte / Informatik	SEK I	BA	m, 30–33
P02	Technik / Biologie	SEK I	MA	m, über 37
P03	Biologie / Englisch	SEK I	MA	w, 24–27
P04	Geografie / Englisch	SEK I	MA	w, 24–27
P05	Mathematik / Chemie	SEK I	MA	w, 27–30
P06	Technik / Musik	SEK I	MA	m, über 37
P07	Biologie / Grundbildung Deutsch	SoPäd	BA	w, unter 24
P08	Technik / Informatik	SEK I	MA	m, 24–27
P09	Biologie / Grundbildung Deutsch	SoPäd	BA	m, 24–27
P10	Biologie / Englisch	SEK I	MA	m, 24–27

Tab. 1: Soziodemografische Daten der Proband:innen.

Der Makerspace der PHL verfolgt das Ziel – neben der Förderung eines tiefergehenden Verständnisses über (digital-)technische und informatische Zusammenhänge –, angehende Lehrer:innen zu befähigen, mediendidaktisch versierte Lehr- und Unterrichtsszenarien unter Einbezug digitaler Technik selbst zu entwickeln und zu reflektieren. Dabei erhalten die Studierenden multidisziplinäre Unterstützung aus Medientechnik, -pädagogik und -didaktik sowie den jeweiligen Fächern und Fachdidaktiken. Die Arbeit im Makerspace ermöglicht auch, Maker Education und den pädagogischen Ansatz des medienpädagogischen Makings für die Lehrer:innenbildung sowie an Schulen anknüpfbar zu machen. Gefördert wird somit eine Befähigung zur reflexiv-kreativen Schul- und Unterrichtsentwicklung unter Berücksichtigung aktueller gesellschaftlicher Entwicklungen (vgl. Knaus und Schmidt 2020, 33). Wir erhofften daher, aus den Erkenntnissen der vorliegenden Studie auch Hinweise zur (Weiter-)Entwicklung von (medien-)pädagogischen Ansätzen zur praktischen Förderung

4 Da wir die Proband:innen nicht gefragt haben, ob sie sich selbst als «Maker:innen» bezeichnen würden, bezeichnen wir sie als Studierende und nicht als Maker:innen (vgl. u. a. Dougherty 2013, 8).

5 Der Makerspace der PHL wurde im Rahmen des Verbundprojekts *MakEd_digital* eingerichtet. Das Projekt «MakEd_digital – Ein pädagogisch-didaktischer Makerspace zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen» wird im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01JA2026A-D gefördert. Weitere Informationen zum Verbundprojekt können auf der Projektwebseite maked-digital.de eingesehen werden.

der handlungsorientierten Medien- und Technikgestaltung im Rahmen des universitären Lehramtsstudiums zu erhalten. Damit könnten die Erkenntnisse auch im künftigen Praxis- und Berufsfeld der Studierenden – in der Schule – hilfreich sein (vgl. hierzu weiterführend 4.5).

3.2.3 Auswertungsmethode: Frankfurt-Dreieck als Referenzrahmen

Das *Frankfurt-Dreieck* (vgl. Brinda et al. 2020) ist hilfreich zur multidisziplinären Einordnung und Beschreibung von Phänomenen und Artefakten in einer digital geprägten Welt. Seine Autor:innen gehen davon aus, dass Individuen zur Orientierung und Partizipation in einer digital geprägten Welt analytische, reflexive und gestalterische Kompetenzen benötigen. Hierfür schlagen sie die folgenden drei Perspektiven vor: die *Interaktionsperspektive*, die *technologisch-mediale* und die *gesellschaftlich-kulturelle* Perspektive. Die Perspektiven sind nicht nur jeweils (an den Eckpunkten) miteinander verbunden, sondern stehen sich auch gegenüber. Aus diesen Verbindungen und Perspektiven ergibt sich die Form eines Dreiecks (vgl. Abb. 1).

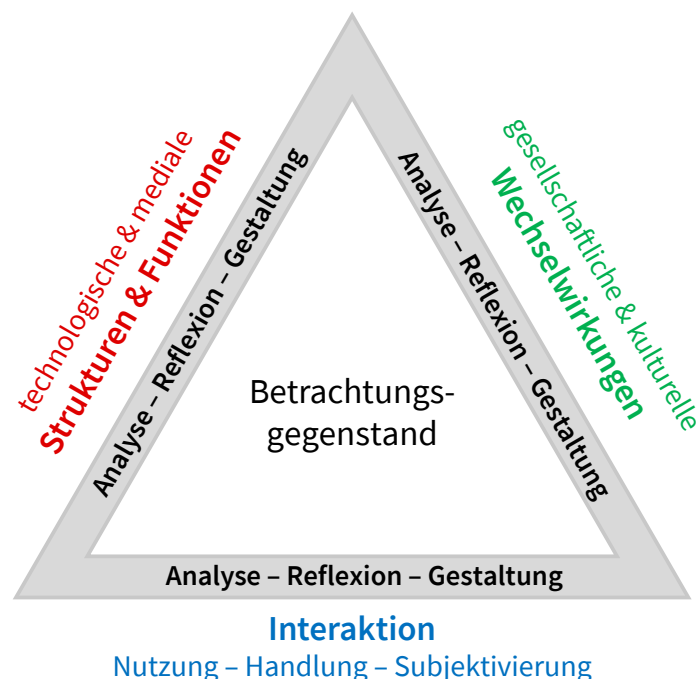


Abb. 1: Das Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital-netzten Welt (Brinda et al. 2020, 160).

Die *technologisch-mediale* Perspektive fokussiert die *fachbezogene* Auseinandersetzung mit den konkreten Strukturen und Funktionsweisen digitaler Artefakte. Das Autor:innenteam widmet die erste Perspektive der *fachbezogenen*

Auseinandersetzung mit technischen und medialen Strukturen und Funktionen, da es davon ausgeht, dass das kritisch-analytische Hinterfragen und die Reflexion sowie die Befähigung zur aktiven Mitgestaltung medialer und technischer Entwicklungen wesentliche Grundlage für die Teilhabe in einer digital geprägten Welt ist. Die *gesellschaftlich-kulturelle* Perspektive beleuchtet die veränderten gesellschaftlichen Rollen und Dynamiken gesellschaftlicher Entwicklungen, die mit dem digitalen Wandel einhergehen. In der *Interaktionsperspektive* stehen die konkreten Nutzungsoptionen digitaler Medien und Technik und damit verbundene Handlungen des Individuums im Fokus: Wozu und auf welche Weise nutzen Menschen digitale Medien? Inwiefern können sie durch ihre selbstbestimmte Nutzung am digitalen Wandel teilhaben und diesen aktiv mitgestalten?

Für die Datenauswertung haben wir die Interviews anonymisiert transkribiert und anhand der *inhaltlich strukturierenden Qualitativen Inhaltsanalyse* nach Kuckartz (2018) ausgewertet. Anhand induktiver und deduktiver Kategorienbildung wurden die Interviewprotokolle mittels der Software *MAXQDA* strukturiert. Ausgehend vom Zentrum des Dreiecks können konkrete Artefakte und spezifische Artikulationsformen aus den folgenden drei Perspektiven betrachtet werden: aus technologisch-medialer, aus gesellschaftlich-kultureller und aus der Interaktionsperspektive. Dadurch kann das Gesagte über die Artefakte – wie auch das erstellte digitale Artefakt selbst – den Ausgangspunkt beziehungsweise das Zentrum der Analyse bilden.

Folgende Ober- und Subkategorien konnten anhand der Interviewtranskripte identifiziert werden: Die umfänglichsten Kodiereinheiten⁶ fassten wir unter der Oberkategorie *Persönliche Kompetenzen und Fähigkeiten* zusammen. Hierzu formulierten wir Subkategorien wie *Vorwissen, persönlicher Anspruch, Emotionen, Hemmungen und Zurückhaltungen, Learnings und Benefits*. Überdies identifizierten wir die Kategorie *Soziales und Kommunikation* und differenzierten sie in zwei Subkategorien: *Kommunikation innerhalb des Makerspaces* und *Kommunikation ausserhalb des Makerspaces*. Weitere Kategorien sind die *Interaktion mit Hard- und Software* (mit den Subkategorien *technische Herausforderungen, Zusammenspiel Hard- und Software* sowie *technische Grenzen*) sowie *Schule und Hochschule* (mit den Subkategorien *Einsatz der Artefakte im schulischen Unterricht* und *Making im Rahmen von Lehrveranstaltungen*). Überdies identifizierten wir die Kategorien *Qualitativ-ästhetische Aspekte der Artefakte* (mit den Subkategorien *realitätsgetreue Darstellung, Qualität, Ästhetik und Funktionalität, Arbeitsweise und Arbeitsatmosphäre, persönliche Ressourcen* sowie *Nachhaltigkeit & Umwelt*).

⁶ Die hier auszugsweise aufgelisteten Kategorien aus dem Kategorieleitfaden wurden absteigend nach Häufigkeit geordnet.

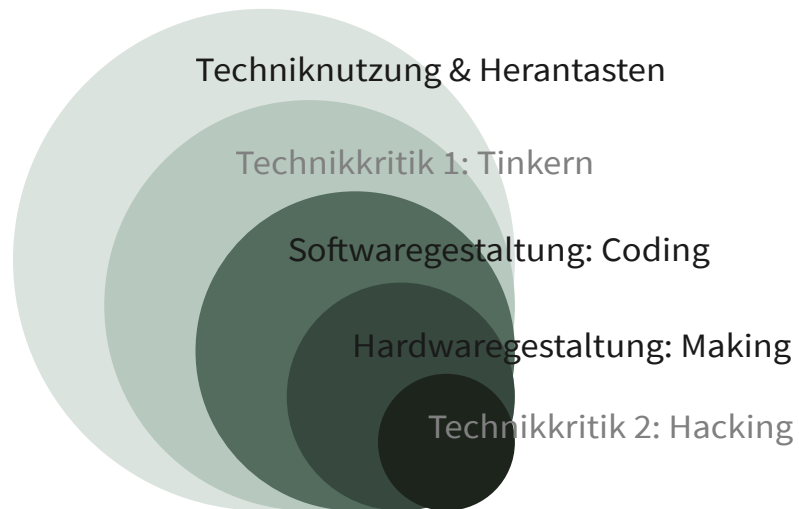


Abb. 2: Reflexion durch Aktion (Knaus, Schmidt, und Merz 2023, 45).

4. Ergebnisdiskussion

Welche Artikulationsformen wir aus den beiden durchgeführten Interviewserien konkret identifizieren konnten, werden wir in den nächsten drei Abschnitten exemplarisch entlang der Perspektiven des *Frankfurt-Dreiecks* illustrieren. Hierzu nutzen wir die im theoretisch-konzeptionellen Teil identifizierten Potentiale des medienpädagogischen Makings zur groben Orientierung und Einordnung.

4.1 Technisch-Mediale Perspektive

Medien und Technik sind integrative Elemente des Alltags. Handlungsmöglichkeiten mit ihnen lassen sich aber selten «naturgemäss» erschliessen. Aufgrund ihrer strukturellen Deutungsoffenheit, Vielfältigkeit und Komplexität bieten sie ein Kennenlernen der Handlungsoptionen vielmehr über tentatives Ausprobieren an (vgl. Knaus, Schmidt, und Merz 2023; Zillien 2019, 227). Dieses Ausprobieren beschrieb uns auch ein Student, der unterschiedliche 3D-Modelle mit einer Software designte:

«[...] da kann man auch einfach rumprobieren [...] man kann, da recht spielerisch rangehen [...] und ja, so tastet man sich einfach ran und guckt, (.) was einem gefällt, (.) was funktioniert, was vielleicht nicht funktioniert» (P9/30).

Das eigenständige Ausprobieren und Einschätzen der Möglichkeiten der Tools und Werkstoffe für eigene Vorhaben lässt sich nach dem Frankfurt-Dreieck im Prozess der *Analyse* einordnen und kann sich – wie im Beispiel – auf eine Applikation, aber auch auf die Auswahl der passenden technischen Werkstoffe und Komponenten beziehen, wie ein weiteres dokumentiertes Praxisbeispiel zeigt:

«Ja, genau (.) also der Mikrocontroller, [den] habe ich gewählt, weil er besonders wenig Energie braucht im Vergleich zu anderen Mikrocontrollern» (P10/10).⁷

Die analytische und reflexive Auseinandersetzung mit den umfänglichen Handlungsoptionen der verwendeten medialen und technischen Tools bildet nicht selten auch die Grundlage dafür, entsprechende Erkenntnisse bereits in die Gestaltungsidee, die Konzeption oder die konkrete Umsetzung der Artefakte einfließen zu lassen – beispielsweise in die Modellierung einer Idee innerhalb einer (CAD-)Software oder im Rahmen der anschließenden Materialisierung beziehungsweise «Verstofflichung», wie sie beispielsweise durch die Verwendung des 3D-Druckers mittels spezieller Werkstoffe (sog. Filamente) ermöglicht wird. Ein Student berichtete uns davon, wie seine Gestaltungsidee durch die Funktionen der verwendeten Software und durch die Möglichkeiten und Grenzen des Fertigungsverfahrens des 3D-Druckers geprägt wurde:

«Aufgrund des Designs hat es ein bisschen länger gedauert, (.) also sind ja schon ziemlich filigrane Formen und [...] in dem [...] 3D-Modell, das ich gemacht hab', waren auch die Öffnungen schon drin (..) durch den 3D-Druck sind die allerdings leider wieder geschlossen und die muss ich nochmal im unteren Bereich nachbohren» (P10/32).

Die Idee des Studenten, Ausdrücke als Gehäuse für einen selbst entwickelten Raumluft-Sensor zu verwenden, wird im Prozess der Materialisierung durch die spezifischen Bedingungen von Software, Werkstoff und Tool grundsätzlich ermöglicht, gleichermassen aber auch begrenzt.

Umfängliche Gestaltungsräume für die Artikulation eigener Ideen, Gedanken oder Fantasien können Studierende in der Gestaltung von Software erfahren, wenn beispielsweise Code als Grundlage und als universeller und formbarer «Rohstoff» genutzt und weiterentwickelt wird: Einer der Studierenden berichtete von seinen Versuchen, den Programmablauf eines selbstgebauten Snack-Automaten in der integrierten Entwicklungsumgebung eines Arduino⁸ zu programmieren:

⁷ Das Frankfurt-Dreieck bietet aufgrund seiner multiperspektivischen Anlage zahlreiche konkretisierbare Anschlüsse und multiperspektivische Bezugspunkte an den Seiten sowie den Eckpunkten des Dreiecks. So deutet das hier beispielhaft gewählte Kriterium Energieeffizienz nicht nur auf die technisch-mediale, sondern mit Bezug auf (umwelt-)politische Themen auch auf *gesellschaftlich-kulturelle* Perspektiven hin. Dies zeigt nicht zuletzt auch, dass die Übergänge zwischen den Perspektiven des Frankfurt-Dreiecks absichtlich nicht trennscharf sind, sondern Gegenstände und Themenbereiche vielmehr aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden können.

⁸ Ein *Arduino* ist eine quelloffene, frei programmierbare Plattform, die aus einem einfachen E/A-Board (Platine mit Schnittstellen wie RS-232 oder USB für Ein- und Ausgabe) mit Mikrocontroller und einer integrierten Entwicklungsumgebung (auf Basis einer C++-ähnlichen Programmiersprache) besteht.

«[...] dann muss man sich eben verschiedene Gedanken machen, also wenn ich jetzt so ein Automat bediene, muss es halt gut funktionieren, (.) intuitiv sein, (.) dass der Programmablauf halt Sinn macht» (P8/12).

Um die Funktionalität des Automaten her- und sicherzustellen, gestaltet der Student nicht nur den Code, er setzt sich auch kritisch-reflexiv mit möglichen Auswirkungen auf das Gesamtvorhaben auseinander. Durch die vielfältigen Nutzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten, die sich durch die Programmierung auf der Applikationsebene eröffnen, stellt sich grundsätzlich auch die Frage danach, welche Werte und Normen, zum Beispiel durch die Verwendung von fremden, übernommenen Codeschnipseln oder Programmbausteinen, in die eigene Artikulation hineingetragen werden können (vgl. Knaus 2020b, 10f.).

Neben der Artikulation durch die Gestaltung von Software beziehungsweise der (Weiter-)Entwicklung von Applikationen entstehen neue Artikulationsmöglichkeiten, auch durch die Gestaltung von Hardware beziehungsweise physischer Komponenten. Die Gestaltung technisch-physischer Komponenten unterstreicht ein Student im Gespräch, als er uns von seiner Idee berichtet, wie die Bestandteile des von ihm entwickelten Raumluftsensors in der Endmontage durch die besondere Konstruktion des Deckels miteinander verbunden werden und sich so das Gesamtvorhaben konstituiert:

«[...] da ist die Kabeldurchführung, also der eine Sensor ist auf der linken Seite der Platte (.) später (.) und der Mikrocontroller auf der rechten, (.) dass die thermisch ein bisschen voneinander separiert werden (.) und dann durch diese Struktur können dann die Kabel laufen (.) und in diesen Deckel, der wird der aus transparenten Filament hergestellt, kann diese LED eingelassen werden von oben wird die dann reingesteckt und von unten dann verlötet [...]» (P10/36).

Die konkreten Arbeitsschritte, die der Student im Kontext der Endmontage durchführen möchte, werden dabei durchdacht (analysiert) und vorgeplant. Dabei eröffnen die verwendeten Bauelemente und Werkstoffe aufgrund ihrer prinzipiellen Offenheit unterschiedliche Möglichkeiten, eigene Ideen umzusetzen – entsprechend gibt es nicht nur *einen* (Lösungs-)Weg und respektive auch mannigfaltige Artikulationsoptionen.

In Makerspaces können sich Lernende also tentativ an die medialen und technischen Tools, Geräte und Materialien herantasten, diese für die Umsetzung eigener Ideen ausprobieren, auswählen und weitgehend eigenständig nutzen. In Anlehnung an das Frankfurt-Dreieck bestehen die medialen und technischen Artikulationen aus wechselseitigen *analytischen*, *reflexiven* und *gestalterischen* Prozessen. Diese Artikulationsformen zeigen sich – wie die Interviewsequenzen exemplarisch darlegen

– durch die Modellierung der Ideen innerhalb der Software, durch die Gestaltung und Entwicklung der Applikationen selbst sowie auch durch die Gestaltung und Materialisierung von physisch-technischen Komponenten (Abb. 2, 23). Dabei bieten die gestalterischen Handlungsoptionen durch Coding und Making mannigfaltige Artikulationsmöglichkeiten. Die konkreten Artikulationen der Studierenden entstehen aus dem Wechselverhältnis individueller Ideen und den medialen, materiellen sowie strukturellen Rahmenbedingungen der digitalen Technik. Die entwickelte Technik entsteht dabei stets im gesellschaftlichen und kulturellen Kontext. Welche konkreten gesellschaftlichen und kulturellen Bezüge wir in medialen und technischen Artikulationen identifizieren konnten, zeigen wir im folgenden Absatz.

4.2 *Gesellschaftlich-kulturelle Perspektive*

Making-Aktivitäten greifen oft gesellschaftlich relevante Fragen und Themen auf und sind neben technologischen oder technischen auch von politischen oder ökologischen Entwicklungen inspiriert (vgl. u. a. Boy und Narr 2019, 19). Daher verfügt die Reflexion des Subjekt-Umwelt-Verhältnisses im Kontext des digitalen Wandels, die im Frankfurt-Dreieck primär unter der gesellschaftlich-kulturellen Perspektive verhandelt wird, für viele der befragten Studierenden über besondere Bedeutung. So reflektieren nicht wenige der befragten Studierenden die gesellschaftlichen, ökologischen oder politischen Dimensionen ihrer Making-Projekte. Eine Studentin, die vom Schneideplotter Textilfolien schneiden liess, um die gestalteten Folien später auf T-Shirts zu bügeln, berichtete von ihren Bemühungen, nur qualitativ hochwertige und fair gehandelte T-Shirts für ihr Projekt zu verwenden:

«dass man eben auf Fairtrade achtet, (.) dass man einfach gute Qualität (.) bestellt [und] auch schaut, dass man damit irgendwie (..) Grundkonzepte vertritt [...] jetzt nicht unbedingt das Zwei-Euro T-Shirt» (P3/15).

Die Beispiele aus dem Zitat zeigen, dass Making-Projekte auch dazu anregen können, den eigenen Konsum und die gesellschaftlichen Auswirkungen preisgünstiger Textilproduktionen zu reflektieren: Damit wird im Making zum einen die Möglichkeit eröffnet, durch den Einsatz und die Gestaltung von digitalen Tools und Geräten über die Auswirkung des eigenen (ökologischen) Handelns nachzudenken, zum anderen aber auch, Verantwortung für das eigene Handeln zu übernehmen und die verwendeten Materialien zu hinterfragen:

«wie (.) dauerhaft ist das Material, also überlebt das ein bis zwei Wäschen» (P3/27).

Wie die gesellschaftliche und politische Lage den Ausgangspunkt für ein Making-Projekt bildete, erzählte uns ein Student, der mit einem Mikrocontroller einen Raumluftsensor baute: In Erinnerung an pandemisch geprägte Jahre und in Rekurs auf die prekäre Energieversorgung im Winter 2021/2022 und steigende Gaspreise widmete er sich in seinem Making-Projekt neben persönlichen alltäglichen Herausforderungen auch gesundheitlichen Aspekten:

«und bei mir in der WG [...] wird vielleicht manchmal auch nicht genügend gelüftet [...] Schleimhäute brauchen auch eine gewisse Feuchtigkeit in der Luft (.) sonst wird man potenziell häufiger krank» (P10/8).

Am Beispiel dieses Projekts wird deutlich, dass mediale und technische Artikulationen in Makerspaces auch dazu dienen können, aktuelle (wie alltägliche, soziale, gesundheitliche, ökologische etc.) Herausforderungen kreativ-konstruktiv zu thematisieren, zu reflektieren oder diese – unter Einbezug digitaler Tools und Geräte – sogar zu meistern.

Aktuelle gesellschaftliche oder lebensweltliche Geschehnisse dienen den befragten Studierenden in der vorliegend exemplarisch vorgestellten Teilstudie nicht selten als Impuls oder Ausgangspunkt für ihre Projektideen. Die gesellschaftlich-kulturelle Auseinandersetzung ist daher in den meisten dokumentierten Projekten im Analyse- und Reflexionsprozess des Frankfurt-Dreiecks und in vergleichsweise wenigen Fällen in die Dimension der Gestaltung einzuordnen. Ein umfänglicheres Verständnis gesellschaftlicher Prozesse vor dem Hintergrund des digitalen Wandels entwickelt sich aber nicht alleine aus der Nutzung von Medien und Technik – auch nicht einer reflektierten Nutzung, sondern vor allem aus der kritischen Auseinandersetzung mit ihnen und deren selbstbestimmter Entwicklung und Gestaltung. Welche tiefergehenden Reflexions- und Bildungspotentiale die aktive gestaltungsorientierte Auseinandersetzung für Individuen und die Subjektbildung bietet, diskutieren wir nun abschliessend im nächsten Absatz.

4.3 Interaktionsperspektive

Mit Bezug auf die Interaktionsperspektive des Frankfurt-Dreiecks richten wir im Folgenden den Fokus primär auf Subjektivierungsprozesse der befragten Studierenden. Wie in den vorherigen Absätzen dargelegt, transportieren Artikulationen stets gesellschaftlich-kulturelle Aspekte, die sich technologisch, technisch oder medial manifestieren oder materialisieren. Der Ursprung der Artikulation ist allerdings im individuellen menschlichen Erleben und Handeln zu finden, da sich Menschen stets im Kontext ihrer Lebensvollzüge artikulieren – mit dem Ziel, diese für sich selbst und andere verständlich zu machen. Dabei können mediales und technisches Gestalten sowie entsprechende Reflexions- und Lernprozesse auch eine Grundlage für die

persönliche (Kompetenz-)Entwicklung bilden. Von dieser Erfahrung berichtete ein Student, der davon überzeugt ist, dass er durch sein Making-Projekt für sich selbst bedeutende Fähigkeiten erworben hat:

«Ich erachte das Ganze schon als Investment in mich selber, auch wenn ich die Zeit dafür aufwenden [muss], so mich ein bisschen in Coding einzuarbeiten (.) und zu lernen, wie ich mit den Werkzeugen umgehen kann. Dann komme ich da selber weiter [...]» (P10/52).

Um sich über das mediale und technische Gestalten zu artikulieren, ist es für die Studierenden hilfreich, zunächst eigene Handlungsoptionen zu erkennen sowie abzuwägen, wie und warum digitale Medien und Tools ausgewählt und genutzt, kritisch hinterfragt oder aktiv gestaltet werden. Diesen analytischen erkenntnisorientierten Prozess beschrieb uns auch ein Student, der zu Beginn seines Projekts versuchte, sein Anliegen und seine Ziele möglichst klar zu konkretisieren:

«und ich habe mir [...] überlegt, was habe ich so für Probleme in meinem Alltag (..) und wie kann ich technisch äh (.) mit technischen Werkzeugen rangehen?» (P8/6).

Diese tentative nutzungsorientierte Annäherung beziehungsweise der Prozess des Ausprobierens kann auch einen identitätsstiftenden Charakter bekommen, wenn sich die Studierenden nicht nur mit den medialen und digitalen Funktionsweisen und Strukturen auseinandersetzen, sondern diese auch ins Verhältnis zu sich selbst und zu ihrer Umwelt setzen:

«[...] was will ich vielleicht in meinem Zimmer oder bei uns in der WG so rumstehen haben. Was spricht mich design-technisch an» (P10/28).

Von diesem reflektierten Subjekt-Umwelt-Verhältnis und der Verbindung zwischen dem zu erstellenden Artefakt und der eigenen Persönlichkeit erzählte uns auch ein Student, der zusammen mit seinen Kommiliton:innen ein *Star Wars*-Schlüsselbrett mit dem Laser-Cutter gestaltete:

«Da ich als Star-Wars-Fan sehr viel und gerne Star Wars um mich herum habe [...], wollte ich nach einer Möglichkeit suchen, eben noch mal was zu verwirklichen» (P6/6).

Das persönliche ästhetische Empfinden spielt auch bei einer Studentin eine besondere Rolle, die im Gespräch von der Gestaltung eines geometrischen Musters mithilfe der Open-Source-Web-Applikation zur Programmierung von Stickmaschinen *Turtle Stitch* berichtete:

«Das war dann: Als alles [...] für mich persönlich so symmetrisch und ordentlich gepasst hat [und] sobald es so einen symmetrischen Rahmen hatte, habe ich dann gesagt [...] so wird [es] jetzt (lacht)» (P5/26).

4.4 *Erkenntnisse aus der Vorstudie*

Die ausgewählten Beispiele sollten exemplarisch aufzeigen, dass die Artikulationen der Studierenden sowohl die analytischen und reflexiven als auch die gestalterischen Prozesse des Frankfurt-Dreiecks berühren. Die Studierenden nahmen persönliche Interessen und Fragen als Ausgangspunkt und setzten sich über mediale und technische Gestaltungsmöglichkeiten reflexiv-handelnd sowohl mit den technischen Möglichkeiten und Grenzen als auch mit eigenen Ideen und Ansprüchen auseinander. Mediales und technisches Gestalten bietet damit die Grundlage, um eigene Inspirationen, Wünsche und Vorstellungen zu artikulieren, und erweitert dadurch menschliche Artikulationsformen. So ist es möglich, dass sich die Studierenden selbst in den Mittelpunkt ihres Projekts stellen, sich eigene Ziele setzen und sogar persönliche Herausforderungen meistern. Insgesamt können die medialen und technischen Artefakte damit als Ausdruck individueller Erfahrung, subjektiver Bedeutungen sowie persönlicher Weiterentwicklung verstanden werden. Dabei sind Art und Intensität der subjektiven Auseinandersetzung in nicht unbeträchtlicher Weise abhängig von den Vorerfahrungen der Studierenden im Makerspace: So nähern sich in Making-Kontexten weniger erfahrene Studierende der digitalen Technik eher als Nutzende, während technikaffinere und erfahrenere Studierende auch eigenaktiv kreativ gestalten und dadurch nicht zuletzt auch die Gestaltungsentscheidungen anderer umfänglicher kritisch hinterfragen (vgl. Abb. 2). Gerade in der eigenaktiven Gestaltung medialer und digitaler Artefakte verbirgt sich unseres Erachtens das Potential, um sich mit den *eigenen Handlungsmöglichkeiten* einer digital geprägten (Um-)Welt auseinanderzusetzen – eine wesentliche Voraussetzung für die kritische Auseinandersetzung und Reflexion mit den in Medien und Technik eingeschriebenen Artikulationen.

4.5 *Konzeptionelle Einordnung und ergänzende Zusatzstudie*

Als zentrale Ergebnisse unserer Studie erwarteten wir ursprünglich umfängliche Hinweise auf neue technikbezogene Artikulationsformen. In der Auswertung der Interviewprotokolle entdeckten wir jedoch nur vereinzelte Aufweise, die sich als technische Artikulationsformen einordnen lassen. Wir entdeckten stattdessen, dass Studierende, die über geringere Erfahrung mit Making-Projekten verfügten, sich bezüglich der Interaktionsperspektive (Nutzung – Handlung – Subjektivierung) des Frankfurt-Dreiecks (vgl. Abb. 1) primär auf die *Tool-Nutzung* konzentrierten. Hierbei

lernten sie zwar erste grundlegende Nutzungs- und Handlungsmöglichkeiten der Werkzeuge und Werkstoffe kennen, reflektierten diese aber nicht oder kaum in Bezug auf ihre technologischen, (digital-)technischen und medialen Funktionsprinzipien sowie auf die mit ihnen verbundenen soziokulturellen Praktiken. Eine solche kritisch-reflexive oder gar aktiv gestaltende Auseinandersetzung würde intensivere – also über die funktionale Anwendung hinausgehende – Aneignungsprozesse erfordern (vgl. u. a. Schorb 2011, 215; Brinda et al. 2020, 164f.). Diese ursprünglich nicht intendierte Erkenntnis zeigt erneut, dass Annäherung an (digitale) Medien und Technik zwar mit deren Nutzung beginnt, aber eine Beschränkung auf die Tool-Nutzung – ähnlich wie die begriffliche Verkürzung von Medienkompetenz auf technische Fertigkeiten (vgl. Aufenanger 1997, 17; Schelhowe 2007, 28; Knaus 2018, 7) – erwiesenermaßen nicht weiterführend ist. Um die unterschiedlichen Aneignungsprozesse – respektive die Dimensionen der Techniknutzung, Technikkritik und Technikgestaltung – anschaulich zu visualisieren, bedienen wir uns des Modells *Reflexion durch Aktion* (Abb. 2).

Das Modell beinhaltet fünf Dimensionen der kritisch-reflexiven und handlungsbasierten Auseinandersetzung mit Medien, Werkstoffen und Tools: (1) Techniknutzung und tentatives «Herantasten», (2) Technikkritik 1: Tinkern, (3) Softwaregestaltung: Coding, (4) Hardwaregestaltung: Making sowie (5) Technikkritik 2: Hacking. Anhand dieser Dimensionen verdeutlichen die Autor:innen, dass ein Ausprobieren und eine erste Nutzung digitaler Technik (1) wesentlich sind, für das Sammeln erster Erfahrungen und eine (kritische) Auseinandersetzung mit digitaler Technik (2). Tiefergehende Reflexions- und Verstehensprozesse können aber vor allem in der aktiven Gestaltung von Software (3) und Hardware (4) oder in der kritischen Technikgestaltung (5) gefördert werden (vgl. weiterführend hierzu Knaus, Schmidt, und Merz 2023).

Mit Blick auf diesen Beitrag, in dem wir die theoretischen Vorarbeiten, das Methodendesign und erste Ergebnisse der Studie vorstellen möchten, erschien es zunächst ungünstig, dass die meisten unserer Proband:innen die erweiterten Artikulationsmöglichkeiten, denen wir nachspüren wollten, (noch) nicht kennenlernten und entsprechend nicht nutzten – zumindest nicht in den zuvor modellhaft skizzierten Tiefen. Die (Technik-)Nutzung stellt nämlich nach dem Frankfurt-Dreieck lediglich eine (rudimentäre) Interaktionsform dar, die wir nicht eindeutig als *Erweiterung* der *gestaltungsbezogenen* menschlichen Artikulationsformen einordnen möchten, denn hierzu dürften die beiden weiteren Perspektiven des Frankfurt-Dreiecks nicht unberücksichtigt bleiben. Die Techniknutzung kann jedoch als grundlegende Voraussetzung einer handelnden Auseinandersetzung und damit als ein erster Anknüpfungspunkt der Ausprägung einer kritisch-reflexiven und gestalterischen Artikulationsfähigkeit verstanden werden.

In der weiteren Arbeit mit dem Material und den ersten Einordnungsversuchen in die Prozesse des Frankfurt-Dreiecks realisierten wir, dass gerade das Vorherrschen der nutzungsbezogenen Prozesse und das Fehlen tiefgehender kritisch-reflexiver und gestalterischer Dimensionen, unsere Eingangsthese stützten, wonach neue mediale und technische Gestaltungsmöglichkeiten stets auch neue Artikulationsfähigkeiten *erfordern*. Diese Fähigkeiten entstehen aber nicht aus der reinen (Technik-)Nutzung und sind freilich auch nicht ‹angeboren›, sondern erfordern nachvollziehbarerweise Lernprozesse, die wiederum entweder überdurchschnittliche intrinsische Motivation oder entsprechende pädagogische Impulse und Anleitung voraussetzen. Als Reaktion auf diese erkenntnisleitende These sprachen wir mit weiteren Studierenden, die bereits häufiger Making-Projekte im und ausserhalb des Makerspaces umgesetzt hatten.

5. Pädagogische Bedeutung der Medien- und Technikgestaltung

Die zuvor vorgestellte Vorstudie lieferte erste Hinweise dafür, dass Fähigkeiten zur Artikulation mittels (digital-)technischer Artefakte nicht ‹naturegegeben› sind, sondern einer pädagogischen Förderung bedürfen. Diese Annahme wird gestützt durch die zuvor bestätigte Erkenntnis, dass sich die Artikulationen der erfahreneren Studierenden – eingeordnet im Modell *Reflexion durch Aktion* (Abb. 2) – häufiger den Dimensionen der (Technik-)Kritik sowie der *Gestaltung* zuordnen lassen, während sich die Artikulationen der Studierenden, die über geringere Making-Erfahrungen verfügen, primär der Techniknutzung zuzuordnen sind. Die Artikulationsformen der Studierenden mit geringeren Making-Erfahrungen werden umfänglicher von den Möglichkeiten und Grenzen der Tools beeinflusst, die von ihren Entwickler:innen eingeschrieben wurden. Artikulationen erfolgen dadurch im Wesentlichen innerhalb der von den Entwickler:innen beziehungsweise Designer:innen vorgegebenen Strukturen (vgl. Knaus und Schmidt 2020, 22; Knaus 2022, 55). In der Auswertung wurde ebenfalls deutlich, dass aber auch der nutzungsbasierte Umgang mit Technik für die persönliche Entwicklung wertvoll ist, da das Herantasten an die unterschiedlichen Funktionsweisen eine wesentliche Grundlage für die weitere selbstbestimmte kritische und kreative Auseinandersetzung mit (digitaler) Technik bildet (vgl. Knaus, Schmidt, und Merz 2023).

Die kritische Auseinandersetzung führt jedoch nicht zwangsläufig zur Erkenntnis, dass (digitale) Technik grundsätzlich gestaltbar ist. Die Erkenntnis über die selbstbestimmte Gestaltbarkeit von Medien und Technik ist jedoch zentral in einer vom digitalen Wandel geprägten Welt, da sie Individuen verdeutlicht, dass sie Gestalter:innen ihrer (Um-)Welt sein können. Wir gehen daher davon aus, dass der Schritt von der (Technik-)Nutzung zur Kritik und weiter zur aktiven Gestaltung kein ‹Automatismus› ist – zumal bislang nur wenige Studierende die (intrinsische)

Motivation aufbrachten, sich über die unsichtbare Barriere von der Nutzung zu Kritik sowie Gestaltung vorzuwagen. Doch erst der tiefergehende kritische und gestaltungsorientierte Umgang mit (digitaler) Technik – das *Maker Mindset* – macht aus Nutzer:innen kreative Gestalter:innen, zumal dieser Schritt nicht zuletzt auch die persönliche Erkenntnis erfordert, Technik nicht als «gegeben», sondern als kritisierbar und damit grundsätzlich auch als gestaltbar zu verstehen. Daher bedarf der tiefergehende kritische und gestaltungsorientierte Umgang mit digitalen Medien und digitaler Technik (medien-)pädagogischer Begleitung.

Die von den befragten Studierenden gestalteten medialen und digitalen Artefakte sind nach unserem Verständnis von Menschen gemachte gegenständliche oder virtuelle Medien, die unter Verwendung digitaler oder digital-gestützter Materialien und Geräte gestaltet werden (vgl. Tabelle 2; Knaus 2020a, 27). Im Zentrum der Gestaltung der medialen Repräsentationsebene steht die Interaktion mittels (semiotischer) Zeichen und Codes. Ein Beispiel hierfür ist die kreative Gestaltung von Bildern, Bewegtbildern oder anderen medialen Artefakten, wie sie im *produktiven* Medienhandeln praktiziert wird. Die Entwicklung und Programmierung von Apps wie Spielen oder Quizen wäre ein typisches Beispiel für die Gestaltung der logischen beziehungsweise algorithmischen Ebene – der Software. Digitale Artefakte können aber auch durch die Gestaltung der physisch-gegenständlichen technischen Basis entstehen – der Hardware. Überschneidungen der Ebenen sind nicht selten und zeigen sich beispielsweise in visuellen Programmieroberflächen, die die mediale Ebene und die Softwareebene verbinden oder in der Verbindung von Soft- und Hardware, wenn Maker:innen Bots nicht nur programmieren, sondern auch hardwareseitig selbst konstruieren.

Da sich Coding- und Making-Aktivitäten auch kreativ-ästhetischen sowie politischen und gesellschaftlichen Fragen widmen, avancieren sie zu mannigfaltigen Bildungschancen in Schule, Hochschule und außerschulischen Lernorten (vgl. Schön, Ebner, und Kumar 2014; Narr 2018; Knaus und Schmidt 2020; Maurer und Ingold 2021; Spieler und Krnjic 2021; Knaus 2022). Wie die Einbindung von Ansätzen wie Coding und Making in Hochschule und Schule konkret umgesetzt werden kann, illustrieren wir im Folgenden anhand ausgewählter Beispiele.

	symbolische Repräsentationsebene	logisch-algorithmische Ebene (Software)	physisch-gegenständliche Ebene (Hardware)
typische Beispiele	Bilder oder Bewegtbilder produzieren	Apps (wie Spiele) programmieren	technische Basis eines Mediengeräts konstruieren oder modifizieren
	Interaktion mit einem Bot (Ein- und Ausgabe)	Programmierung und hardwareseitige Konstruktion eines Bots	
	visuelle Programmieroberflächen		
pädagogische Ansätze	Aktive Medienarbeit	Coding	Making

Tab. 2: Beispiele selbstgestalteter medialer und digital-technischer Artefakte.

5.1 Medienpädagogisches Making in der Lehrer:innenbildung

Um Studierende an die Arbeit im Makerspace heranzuführen, bewährte sich im Projektkontext die Einbindung von Making in Lehrveranstaltungen aller Fachrichtungen. Hierdurch konnten Studierende ihre Projektideen aus fachspezifischen und projektorientierten Veranstaltungen mit den Geräten, Materialien und Werkzeugen sowie der fachlichen Unterstützung aus dem Makerspace umsetzen. Die Einbindung in entsprechende Lehrveranstaltungen bietet den nötigen kontextuellen Rahmen und damit ebenso Inspiration und Motivation. Um die Kreativität der Studierenden nicht zu beeinträchtigen, sollten Lehrende den Making-Prozess nicht den «klassischen» Bewertungsmethoden für Studienleistungen an der Hochschule unterordnen (vgl. Ingold und Maurer 2021, 164). Eine gute Möglichkeit, Making-Projekte als Studien(teil)leistungen anzuerkennen, bietet die Portfolioarbeit. Diese kann Studierende auf ihrem Weg von der Medien- und Techniknutzung hin zur aktiven und selbstbestimmten Medien- und Technikgestaltung begleiten. Ein solches Konzept für ein Lern- und Entwicklungsportfolio wurde in den ersten beiden Projektjahren des Verbundprojekts *MakEd_digital* ausgearbeitet, erprobt und weiterentwickelt (vgl. Schmidt 2022). Durch die Arbeit mit dem medienpädagogischen Portfolio kann nicht nur der Lernprozess der Studierenden unterstützt werden, die Arbeit mit dem Portfolio kann überdies auch die Selbstreflexion des individuellen Lernprozesses anregen. Nicht zuletzt erhalten die Studierenden des Lehramts auch die Möglichkeit, neue Formen des Lehrens und Lernens kennenzulernen und mit Blick auf den späteren Einsatz in Schule und Unterricht zu erproben.

Damit Studierende sich selbst in den Mittelpunkt ihrer Projekte stellen und auf diese Weise *eigene* Inspirationen, Wünsche und Vorstellungen über die selbstbestimmte Gestaltung von Medien und Technik artikulieren können (vgl. Interaktionsperspektive im Abschnitt 4.3), sind freie Arbeitszeiten im Makerspace nötig. Im Makerspace der PHL ermöglicht das Projektteam während des Semesters wöchentliche Werkstattzeiten, in denen Studierende frei und ohne Voranmeldung (aber

nach entsprechender Sicherheitseinweisung) im Makerspace arbeiten können. Die kreativen Freiräume durch das offene Lernangebot erlauben es den Studierenden, ihre Projekte selbstbestimmt auszurichten, und fördern nicht zuletzt auch die intrinsische Motivation und Selbstwirksamkeitserfahrungen der Studierenden (vgl. u. a. Boy und Narr 2019, 21). Die kontinuierliche Arbeit im Makerspace durch eine Kombination aus Making in Veranstaltungskontexten und freiem Making unterstützt Lehramtsstudierende dabei, ihr persönliches *Maker Mindset* zu entwickeln: Der Begriff beschreibt die persönliche Einstellung und die Überzeugung, das eigene Leben aktiv gestalten und sich mittels der zur Verfügung stehenden Mittel artikulieren zu können (vgl. Dougherty 2013, 9). Insbesondere im Kontext (post-)digitaler Gesellschaften erscheint uns diese persönliche Einstellung für die Förderung gesellschaftlicher Handlungsfähigkeit als unabdingbar (vgl. Abschnitt 2).

5.2 Medienpädagogisches Making in Schule und Unterricht

Technische und mediale Entwicklungen erlangten in der bisherigen Geschichte oft nicht nur Bedeutung in Arbeit und Wirtschaft, sondern auch in gesellschaftlichen und kulturellen Zusammenhängen (vgl. Ropohl 2009). Neue gesellschafts- und kulturprägende technische Möglichkeiten führten so nicht selten auch zu neuen Bildungsbedarfen. Die konzeptionellen Ausführungen (vgl. Abschnitte 1 und 2) sowie die vorgestellten Ergebnisse unserer Vorstudie zeigen, dass der kritisch-reflexive sowie selbstbestimmte kreativ-produktive Umgang mit Medien und digitaler Technik nicht (mehr) nur eine Domäne technikaffiner Interessierter sein soll oder gar optional zu denken ist. Eine gezielte pädagogische Förderung *aller* Menschen – zum Beispiel mittels der pädagogischen Ansätze *Tinkering*, *Coding*, *Making* oder *Hacking* – ist geboten. Ausgehend vom Bedarf, die (medien-)pädagogische Förderung allen Menschen zugänglich zu machen, rückt im Besonderen die Schule als zentrale gesellschaftlich organisierte Sozialisationsinstanz in den Blick. Wie Maker Education an Schulen umgesetzt werden kann, lässt sich inzwischen in zahlreichen konzeptionellen Ausarbeitungen und Studien nachlesen (vgl. u. a. Blikstein 2013; Lee 2015; Aufenanger, Bastian, und Mertes 2017; Cross 2017; Tan 2018; Ingold und Maurer 2019; Schaal 2020).

Neben der inhaltlichen Erweiterung des Fachunterrichts, in dem mittels Making ausser fachspezifischen Kompetenzen auch medien- und digitalisierungsbezogene Kompetenzen gefördert werden können (vgl. Ingold und Maurer 2019; Schaal 2020; Knaus und Schmidt 2020), bietet Maker Education vielfältige Möglichkeiten, die *Formen* des Lernens in der Schule zu erweitern: Durch handlungsorientierte Lernumgebungen, eine produktive Fehlerkultur und kollaboratives Arbeiten auf Augenhöhe – um nur einige Merkmale der Maker Education zu nennen (vgl. Schön und Ebner 2019, 13) – können Making-Angebote selbstgesteuerte Lernerfahrungen der Schüler:innen

anregen (vgl. Schelhowe 2007, 134). Wesentlicher Bestandteil von pädagogischen Making-Projekten ist daher im Sinne eines Lernens über Technik das aktive und sinnliche Erleben sowie die Reflexion darüber (vgl. Knaus und Schmidt 2020, 15f.).

Die konkrete Einrichtung schulischer Makerspaces beginnt oftmals mit Fragen zur (medien-)pädagogischen Gestaltung und fachspezifischen Eingebundenheit der Lern- und Making-Angebote: Welche Rolle soll Maker Education an der jeweiligen Schule und in der fachbezogenen oder fachübergreifenden Unterrichtspraxis spielen? Wie kann der Makerspace im Fach- oder Projektunterricht eingebunden werden? Solche Entscheidungen beeinflussen die räumliche Gestaltung des Makerspaces sowie Auswahl und Anzahl der Geräte, Werkzeuge und Materialien. So verbinden beispielsweise Schulen mit einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt oft andere Ziele mit der Arbeit im Makerspace als Schulen, bei denen die musikalisch-künstlerische Förderung der Schüler:innen im Zentrum steht. Die Ausstattung schulischer Makerspaces ist nicht selten auch von finanziellen, personellen und räumlichen Ressourcen abhängig (vgl. Ingold und Maurer 2021, 161ff.). Wenn die Einrichtung eines Makerspaces aufgrund eingeschränkter finanzieller oder räumlicher Ressourcen nicht möglich ist, bieten sich auch Ausflüge in nahegelegene ausserschulische Makerspaces an. Gleichermassen können sich Lehrer:innen entsprechende Materialien und Werkzeuge in medienpädagogischen Institutionen ausleihen und auf diese Weise mittels mobiler Making-Angebote ihren Unterricht bereichern (vgl. Knaus und Schmidt 2020, 34).

Ob und in welchem Umfang Maker Education den Fachunterricht sowie fachübergreifende Unterrichtsinhalte bereichern kann, hängt in nicht unwesentlichem Masse vom Interesse und der Bereitschaft der Leitung und des Kollegiums der Schule ab. Vorteilhaft ist es daher, wenn angehende Lehrer:innen bereits im Studium die Vorzüge und Potentiale von Making selbst erleben und mit Blick auf den späteren Schulalltag reflektieren konnten. Hieraus ergibt sich wiederum ein weiteres Argument für die Einrichtung von Makerspaces an (Lehrer:innenbildenden) Hochschulen (vgl. Abschnitt 5.1). In Anlehnung an die pädagogisch-didaktische Ausrichtung des Makerspaces, in dem die Interviews durchgeführt wurden (vgl. Abschnitt 3.2.2), und auf Grundlage der ausgewerteten Aussagen der befragten angehenden Lehrer:innen lassen sich drei Intentionen für die Arbeit im Makerspace festhalten: Zunächst die Förderung *eigener* Artikulationsfähigkeiten (vgl. Kapitel 4.3), die Befähigung, die Artikulationsfähigkeiten ihrer künftigen Schüler:innen gezielt zu fördern, sowie nicht zuletzt auch die Möglichkeiten, fachspezifische Themen sowie fach- und mediendidaktische Fragen im Kontext des eigenen Fachs zu besprechen und zu erproben. Den angehenden Lehrer:innen war es nicht nur ein Anliegen, selbst die Geräte auszuprobieren und etwas über diese zu lernen, sondern auch ihren künftigen Schüler:innen

die Making-Erfahrungen zu ermöglichen, die sie selbst erfahren durften. So erzählte eine Studentin, ihr sei es wichtig, dass Schüler:innen aktiv und spielerisch programmieren lernen:

«[dass] auch das Programmieren den Kindern nahegebracht wird (.) das [...] spielerische Programmieren lernen [...] dass man natürlich auch hierher kommt [in den Makerspace] und die Schüler das selber machen lässt» (P5/59).

Der schulische Fachunterricht kann nach Einschätzung der Studierenden überdies umfänglicher durch den praktischen Einsatz selbsterstellter Making-Artefakte bereichert werden: Ein Student fertigte mit dem 3D-Drucker Ausdrücke an, die im schulischen Biologieunterricht im Themenfeld der Mikrobiologie eingesetzt werden sollen:

«unser Ziel ist es, einfach den Biologieunterricht in dem Bereich greifbarer (.) und anschaulicher zu machen» (P9/6).

Ein ähnliches Ziel hatte auch eine Gruppe von Geografie-Studierenden, die ein Deutschland-Puzzle mit dem Laser-Cutter gestaltet haben:

«O.K. wir gucken, dass wir irgendetwas finden, dass wir das [Fach Geografie] den Schülerinnen und Schülern ein bisschen schmackhafter machen können» (P4/6).

Nicht wenige Studierende, die ein Lehramt anstreben, sahen die Potentiale von Making-Artefakten auch darin, fachspezifische Fragen und Aspekte für Schüler:innen zu veranschaulichen und über die didaktische Visualisierung und Materialisierung Lernprozesse gezielt zu unterstützen.

6. Ausblick

Die theoretisch-konzeptionelle Auseinandersetzung zeigte, dass digitale Medien und Technik menschliche Artikulationsformen erweitern können. Konkret bedeutet dies, dass Individuen Erfahrungen nicht mehr nur über klassische «Codes» – wie Sprache, Schrift, Musik, Tanz und bildende Kunst – oder auch technische Medien wie Bilder und Bewegtbilder ausdrücken können, sondern *auch* mittels der kritischen und gestalterischen Auseinandersetzung mit digitalen Medien und (digitaler) Technik. Diese Erkenntnis zeigt die mit digitalen Medien und Technik einhergehende «Komplexitätssteigerung», die der Soziologe Dirk Baecker bereits 2007 der «nächsten Gesellschaft» attestierte: Neue Handlungsoptionen der Medien- und Technikgestaltung eröffnen weitreichendere Artikulationsmöglichkeiten; sie haben ausserdem Auswirkungen darauf, wie sich menschliche Artikulationsformen konstituieren, wie Individuen eigene und fremde Artikulationen wahrnehmen, diese zur Orientierung

in einer digital geprägten Welt heranziehen und welche Bedeutung diese Artikulationen hinsichtlich der gemeinschaftlichen Gestaltung von Gesellschaft und Kultur zukommt. Die Einordnung der digitalen Artefakte und der Artikulationen über die drei Perspektiven des Frankfurt-Dreiecks evozierte auch erste Hinweise darauf, dass die technisch-medialen Strukturbedingungen wie Medialität und Materialität sowie weitere *Prinzipien des Digitalen* den Rahmen bilden, innerhalb dessen sich die neuen Artikulationsformen konstituieren. In diesem Wechselspiel zwischen medialen und digitalen Strukturen und Prinzipien sowie individuellen Ideen konstituieren sich auch persönlichkeitsbildende und gesellschaftsprägende Aspekte, die wiederum das digitale Artefakt, aber auch die Individuen selbst und ihre Umwelt prägen.

Die pädagogische Förderung medialer und technischer Artikulationsformen trägt damit nicht zuletzt auch dazu bei, gesellschaftliche Handlungsfähigkeit zu fördern – gesellschaftliche Handlungsfähigkeit, die nicht nur eine kritische Teilhabe an gesellschaftlichen Vollzügen ermöglicht, sondern auch dazu befähigt, Gesellschaft aktiv *mitzugestalten*. Dieses Wissen über die grundsätzliche Gestaltbarkeit medialer und digitaler Artefakte begeisterte auch die befragten Studierenden im Makerspace: «Es gibt einem ja immer ein besseres Gefühl, wenn man Dinge irgendwie selber gemacht hat [...]» (P7/27), berichtete eine Studentin. Eine weitere Studentin erzählte uns von ihrem Stolz, ein selbstdesigntes Accessoire zu tragen:

«ich [bin] dann immer so: [...] guck mal das habe ich selber gemacht (lacht) [...] eine schöne Sache» (P5/75).

Dabei bezog sich die Begeisterung nicht nur auf einzelne Artefakte, sondern auch auf die vielfältigen Möglichkeiten, die der Makerspace im Allgemeinen bietet: «Das ist schon faszinierend, was einem da [...] für Wege offenstehen» (P4/16), erzähle uns eine Studentin. Die Studierenden haben durch die Gestaltung eigener Artefakte gelernt, dass sie ihre Welt gestalten können – wie es auch Pippi Langstrumpf machen würde: «Ich mach' mir die Welt, widdewidde wie sie mir gefällt» (vgl. Narr 2018). Denn nicht nur Medien und Technik sind grundsätzlich gestaltbar – unsere Gesellschaften sind es auch.

Literatur

Aufenanger, Stefan. 1997. «Medienpädagogik und Medienkompetenz. Eine Bestandsaufnahme». *Enquete-Kommission Zukunft der Medien in Wirtschaft und Gesellschaft. Deutschlands Weg in die Informationsgesellschaft. Medienkompetenz im Informationszeitalter*, herausgegeben von Deutschen Bundestag, 15–22. Bonn.

Aufenanger, Stefan. 2011. «Interview». *Qualitative Methoden der Medienforschung*, herausgegeben von Ruth Ayass und Jörg Bergmann, 97–114. Mannheim: Verlag für Gesprächsforschung.

- Aufenanger, Stefan, Jasmin Bastian, und Kathrin Mertes 2017. «Vom Doing zum Learning. Maker Education in der Schule». *Computer + Unterricht*, 105: 4–7.
- Baacke, Dieter. 1996. «Medienkompetenz – Begrifflichkeit und sozialer Wandel». *Medienkompetenz als Schlüsselbegriff*, herausgegeben von Antje von Rein, 112–24. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Bachmann, Götz, und Andreas Wittel. 2006. «Medienethnographie». *Qualitative Methoden der Medienforschung*, herausgegeben von Ruth Ayass und Jörg Bergmann, 183–219. Reinbek: Rowohlt.
- Baecker, Dirk. 2007. *Studien zur nächsten Gesellschaft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Bergmann, Jörg. 2008. «Medienethnographie». *Handbuch Medienpädagogik*, herausgegeben von Uwe Sander, Friederike von Gross und Kai-Uwe Hugger, 328–34. Wiesbaden: VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91158-8>.
- Bettinger, Patrick. 2023. «Sozio-Medialität in der ethnografischen Forschung. Skizze eines medienpädagogischen Zugangs» *Ethnographie und Videographie pädagogischer Praktiken. «Ein-Blicke» in Projekte der Schul- und Unterrichtsforschung in einer Kultur der Digitalität*, herausgegeben von Mandy Schiefner-Rohs, Carina Heymann und Isabel Neto Carvalho, 68–83. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:27000>.
- Bettinger, Patrick, Saskia Draheim, Simon Meier, und Ellen Witte. 2020. ««Making» the subject. Eine materiell-diskursive Perspektive auf Lernprozesse in Makerspaces und FabLabs». *MedienPädagogik 17* (Jahrbuch Medienpädagogik), 617–45. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.24.X>.
- Blikstein, Paulo. 2013. «Digital fabrication and «making» in education: The democratization of invention». *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann and Corinne Büching, 203–22. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839423820.203>.
- Boy, Henrike, und Kristin Narr. 2019. «Medienpädagogik und Making. Grenzen, Erfahrungen und Perspektiven». *merz 19* (4): 17–27. <https://doi.org/10.21240/merz/2019.4.8>.
- Breidenstein, Georg, Stefan Hirschhauer, Herbert Kalthoff, und Boris Nieswand. 2020. *Ethnografie. Die Praxis der Feldforschung*. München: UVK.
- Brinda, Torsten, Niels Brügger, Ira Diethelm, Thomas Knaus, Sven Kommer, Christine Kopf, Petra Missomelius, Rainer Leschke, Friederike Tilemann, und Andreas Weich. 2020. «Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt. Ein interdisziplinäres Modell». *Schnittstellen und Interfaces – Digitaler Wandel in Bildungseinrichtungen (Band 7 der fraMediale-Reihe)*, herausgegeben von Thomas Knaus und Olga Merz, 157–67. München: kopaed. <https://doi.org/10.25656/01:22117>.
- Buckingham, David. 2007. «Digital Media Literacies – Rethinking Media Education in the Age of the Internet». *Research in Comparative and International Education 2*: 43–55. <https://doi.org/10.2304/rcie.2007.2.1.43>.

- Butler, Judith. 2001. *Psyche der Macht – Das Subjekt der Unterwerfung*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Christin, Angèle. 2020. «The ethnographer and the algorithm: Beyond the black box». *Theory and Society* 49: 897–918. <https://doi.org/10.1007/s11186-020-09411-3>.
- Cramer, Florian. 2015. «What Is «Post-digital?»» In *Postdigital Aesthetics*, herausgegeben von David M. Berry und Michael Dieter, 12–26. London: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9781137437204_2.
- Cross, Elizabeth Ashley. 2017. *Tinkering in k-12: An exploratory mixed methods study of maker-spaces in schools as an application of constructivist learning*. Malibu: Pepperdine University. ProQuest. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14564.88965>.
- Demmler, Kathrin, und Eike Rösch. 2012. «Aktive Medienarbeit in Zeiten der Digitalisierung. Kontinuitäten und Entwicklungen». *Medienpädagogik Praxis Handbuch*, herausgegeben von Eike Rösch, Kathrin Demmler, Elisabeth Jäcklein-Kreis und Tobias Albers-Heinemann, 19–26. München: kopaed.
- Dougherty, Dale. 2013. «The MakerMindset». *Design, Make, Play, Growing the Next Generation of STEM Innovators*, herausgegeben von Margaret Honey, 7–11, New York: Routledge
- Fuchs-Heinritz, Werner. 2009. *Biografische Forschung. Eine Einführung in Praxis und Methoden*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91979-9>.
- Gapski, Harald. 2001. *Medienkompetenz. Eine Bestandsaufnahme und Vorüberlegungen zu einem systemtheoretischen Rahmenkonzept*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-87335-4>.
- Genz, Julia, und Paul Gévaudan. 2016. *Medialität, Materialität, Kodierung. Grundzüge einer allgemeinen Theorie der Medien*. Bielefeld: transcript.
- Glaser, Barney G., und Anselm Strauss. 2010. *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Bern: Huber.
- Groeben, Norbert, und Bettina Hurrelmann. 2002. *Medienkompetenz. Voraussetzungen, Dimensionen, Funktionen*. Weinheim: Juventa.
- Hepp, Andreas. 2020. *Deep Mediatization*. London, New York: Routledge
- Hepp, Andreas, und Anne Schmitz. 2022. «The limits of the Maker ideology: local Maker-spaces, experimental practices, and COVID-19». *Continuum*, 36:2, 199–213, <https://doi.org/10.1080/10304312.2021.2003755>.
- Hobbs, Renee. 2011. *Digital and Media Literacy*. Corwin: Sage.
- Hug, Theo. 2007. «Medienpädagogik unter den Auspizien des mediatic turn – eine explorative Skizze in programmatischer Absicht». *Jahrbuch Medienpädagogik 6*, herausgegeben von Werner Sesink, Michael Kerres und Heinz Moser, 10–32. Wiesbaden: VS.
- Hurrelmann, Bettina. 2002. «Zur historischen und kulturellen Relativität des gesellschaftlich handlungsfähigen Subjekts als normative Rahmenidee für Medienkompetenz». *Medienkompetenz – Voraussetzungen, Dimensionen, Funktionen*, herausgegeben von Norbert Groeben und Bettina Hurrelmann, 111–26. Weinheim: Juventa.

- Ingold, Selina, und Björn Maurer. 2019. «Making in der Schule. Reibungspunkte und Synergieeffekte». *Chance Makerspace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 59–86, München: kopaed.
- Jörissen, Benjamin. 2015a. «Bildung der Dinge: Design und Subjektivation». In *Subjekt Medium Bildung*, herausgegeben von Benjamin Jörissen und Torsten Meyer, 215–33. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06171-5_11.
- Jörissen, Benjamin. 2015b. «Transgressive Artikulation: Ästhetik und Medialität aus Perspektive der strukturalen Medienbildung». *Medienkultur und Bildung: Ästhetische Erziehung im Zeitalter digitaler Netzwerke*, herausgegeben von Malter Hagener und Vinzenz Hediger, 49–64. Frankfurt a. M.: Campus.
- Jörissen, Benjamin, und Lisa Unterberg. 2019. «Kulturelle Bildung: Bildungstheoretische Gedanken zum Potenzial Kultureller Bildung in Zeiten der Digitalisierung». *Kulturelle Bildung online*. <https://doi.org/10.25529/92552.505>.
- Jörissen, Benjamin, und Dan Verständig. 2017. «Code, Software und Subjekt. Zur Relevanz der Critical Software Studies für ein nicht-reduktionistisches Verständnis <digitaler Bildung>». *Das umkämpfte Netz. Medienbildung und Gesellschaft*, herausgegeben von Ralf Biermann und Dan Verständig, 37–50, Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15011-2_3.
- Jörissen, Benjamin, und Winfried Marotzki. 2009. *Medienbildung – Eine Einführung*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Jung, Matthias. 2005. ««Making us explicit» – Artikulation als Organisationsprinzip von Erfahrung». *Anthropologie der Artikulation. Begriffliche Grundlagen und transdisziplinäre Perspektiven*, herausgegeben von Magnus Schlette und Matthias Jung, 103–42. Würzburg: Königshausen und Neumann.
- Jung, Matthias. 2009. *Der bewusste Ausdruck: Anthropologie der Artikulation*. Berlin: De Gruyter.
- Kergel, David. 2018. *Qualitative Bildungsforschung. Ein integrativer Ansatz*. Wiesbaden: Springer.
- Knaus, Thomas. 2018. «[Me]nsch – Werkzeug – [I]nteraktion. Theoretisch-konzeptionelle Analysen zur <Digitalen Bildung> und zur Bedeutung der Medienpädagogik in der nächsten Gesellschaft». *MedienPädagogik* 31: 1–35. <https://doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.03.26.X>.
- Knaus, Thomas. 2020a. «Von medialen und technischen Handlungspotentialen, Interfaces und anderen Schnittstellen. Eine Lesson in unlearning». *Schnittstellen und Interfaces. Digitaler Wandel in Bildungseinrichtungen* (Band 7 der fraMediale-Reihe), herausgegeben von Thomas Knaus und Olga Merz, 15–72. München: kopaed. <https://doi.org/10.25656/01:18452>.
- Knaus, Thomas. 2020b. «Technology criticism and data literacy – The case for an augmented understanding of media literacy». *Journal of Media Literacy Education – JMLE* 12 (3): 6–16. <https://doi.org/10.23860/JMLE-2020-12-3-2>.

- Knaus, Thomas. 2022. «Making in media education: An activity-oriented approach to digital literacy». *Journal of Media Literacy Education – JMLE* 14 (3): 53–65. <https://doi.org/10.23860/JMLE-2022-14-3-5>.
- Knaus, Thomas, Jennifer Schmidt, und Olga Merz 2023. «Aktive Medienarbeit als Vorbild – Handlungsorientierte Ansätze zur Förderung einer um digitaltechnische Dimensionen erweiterten Medienbildung». *merz* 23 (3): 42–49. <https://doi.org/10.21240/merz/2023.3.12>.
- Knaus, Thomas, Olga Merz, und Thorsten Junge. 2023. «50 Jahre Medienkompetenz und kein bisschen weiter? Von der Kommunikativen Kompetenz zu DigComp». *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik – LBzM*, 23/2023: 1–20. <https://doi.org/10.21240/lbzm/23/01>.
- Knaus, Thomas, und Gerhard Tulodziecki. 2023. Thomas Knaus im Gespräch mit Gerhard Tulodziecki. *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik – LBzM*, 23/2023: 1–23. <https://doi.org/10.21240/lbzm/23/22>.
- Knaus, Thomas, und Jennifer Schmidt. 2020. «Medienpädagogisches Making – ein Begründungsversuch». *MedienImpulse* 58 (4): 1–50. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-04>.
- Knaus, Thomas et Al. 2023. «Künstliche Intelligenz und Bildung: Was sollen wir wissen? Was können wir tun? Was dürfen wir hoffen? Und was ist diese KI? Ein kollaborativer Aufklärungsversuch». *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik – LBzM*, 23/2023: 1–42. <https://doi.org/10.21240/lbzm/23/19>.
- König, Anika. 2020. «Digitale Ethnographie». *Methoden ethnologischer Feldforschung*, herausgegeben von Bettina Beer und Anika König, 223–41. Berlin: Dietrich Reimer. <https://doi.org/10.5771/9783496030355>.
- Krotz, Friedrich. 2016. «Wandel von sozialen Beziehungen, Kommunikationskultur und Medienpädagogik». *Kommunikationskulturen in digitalen Welten* (Band 52 der Schriften zur Medienpädagogik), herausgegeben von Marion Brüggemann, Thomas Knaus und Dorothee M. Meister, 19–42. München: kopaed.
- Krüger, Heinz-Hermann, und Winfried Marotzki. 2006. *Handbuch erziehungswissenschaftliche Biographieforschung*. Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90010-0_1.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim/Basel: Beltz.
- Kümmel, Albert, Leander Scholz, und Eckhard Schumacher. 2004. *Einführung in die Geschichte der Medien*. Paderborn: Fink.
- Lee, Martin. 2015. «The Promise of the Maker Movement for Education». *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5 (1): 30–39. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>.
- Lueger, Manfred, und Ulrike Froschauer. 2021. «Die Sprache der Artefakte». *Begegnen, Bewegen und Synergien stiften. Transdisziplinäre Beiträge zu Kulturen, Performanzen und Methoden*, herausgegeben von Marc Dietrich, Irene Leser, Katja Mruck, Paul Sebastian Ruppel, Anja Schwentesius und Rubina Vock, 289–304. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33632-5_16.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2021. *Making im Schulalltag: konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed.
- Mayring, Philipp. 2010. *Qualitative Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz.



- Meissner, Stefan. 2022. «Maker-Literacy. Komplexitätskompetenz durch Maker-Education». *MedienPädagogik* (Jahrbuch Medienpädagogik 18), 291–305. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb18/2022.02.28.X>.
- Narr, Kristin. 2018. «Ich mach mir die Welt, widewide wie sie mir gefällt. Making-Projekte mit Kindern». *Make, Create & Play. Medienpädagogik zwischen Kreativität und Spiel*, herausgegeben von Friederike von Gross und Renate Röllecke, 75–82, München: kopaed.
- Niesyto, Horst. 2017. «Visuelle Methoden in der medienpädagogischen Forschung – Ansätze, Potentiale und Herausforderungen». *Forschungswerkstatt Medienpädagogik. Projekt – Theorie – Methode*, herausgegeben von Thomas Knaus, 59–95. München: kopaed.
- Nohl, Arnd-Michael. 2011. *Pädagogik der Dinge*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Ropohl, Günter. 2009. *Signatures der technischen Welt – Neue Beiträge zur Technikphilosophie*. Münster: Lit.
- Röser, Jutta, Kathrin Friederike Müller, Stephan Niemand, Corinna Peil, und Ulrike Roth. 2018. «Medienethnografische Porträts als Auswertungsinstrument: Techniken der kontextsensiblen Rezeptionsanalyse». *Auswertung qualitativer Daten*, herausgegeben von Andreas M. Scheu, 193–207. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18405-6_13.
- Schaal, Steffen. 2020. Making im Biologieunterricht – Spielerei oder echte Lernchance? *digital unterrichten BIOLOGIE* 8 (3).
- Schelhowe, Heidi. 2007. *Technologie, Imagination und Lernen. Grundlagen für Bildungsprozesse mit Digitalen Medien*. Münster: Waxmann.
- Schlör, Katrin. 2017. «Subjektorientierte medienpädagogische Forschung mit Familien in belasteten Lebenslagen – Chancen und Herausforderungen visueller Forschungsmethoden». *Forschungswerkstatt Medienpädagogik. Projekt – Theorie – Methode*, herausgegeben von Thomas Knaus, 287–316. München: kopaed.
- Schmidt, Jennifer. 2022. «Implementierung eines Makerspaces an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg». *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik*, 22: 1–10. <https://doi.org/10.21240/lbzm/22/23>.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2019. «Making – Eine Bewegung mit Potenzial». *merz* 19 (4): 9–15. <https://doi.org/10.21240/merz/2019.4.7>.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, and Swapna Kumar. 2014. «The Maker Movement. Implications of new digital gadgets, fabrication tools and spaces for creative learning and teaching». *eLearning Papers* 39: 14–25.
- Schorb, Bernd. 2011. «Medienaneignung». *Grundbegriffe Medienpädagogik*, herausgegeben von Bernd Schorb, Anja Hartung-Griemberg und Christine Dallmann, 215–22. München: kopaed.
- Schreier, Margrit. 2014. «Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten». *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 18. <https://doi.org/10.17169/fqs-15.1.2043>.
- Schütze, Fritz. 1983. «Biographieforschung und narratives Interview». *Neue Praxis* 13(3): 283–93.

- Schütze, Fritz. 1994. «Ethnographie und sozialwissenschaftliche Methoden der Feldforschung: eine mögliche methodische Orientierung in der Ausbildung und Praxis der Sozialen Arbeit?» *Modernisierung sozialer Arbeit durch Methodenentwicklung und -reflexion*, herausgegeben von Norbert Groddeck und Michael Schumann, 189–297. Freiburg i. Br.: Lambertus-Verlag.
- Schwemmer, Oswald. 2005. *Kulturphilosophie – eine medientheoretische Grundlegung*. München: Fink.
- Seaver, Nick. 2017. «Algorithms as culture: Some tactics for the ethnography of algorithmic systems». *Big Data & Society* 4 (2): 1–12. <https://doi.org/10.1177/2053951717738104>.
- Spieler, Bernadette, and Vesna Krnjic. 2021. «Creative, Engaging, and Playful Making-Activities with Smartphones and Embroidery Machines». *FabLearn Europe / MakeEd 2021 – An International Conference on Computing, Design and Making in Education (FabLearn Europe / MakeEd 2021)*, Association for Computing Machinery, New York: 20: 1–4. <https://doi.org/10.1145/3466725.3466745>.
- Stalder, Felix. 2016. *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp.
- Tan, Michael. 2018. «When MakerSpaces Meet School: Negotiating Tensions Between Instruction and Construction». *Journal of Science Education an Technology*, 28 (2). 75–89. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9749-x>.
- Thomas, Stefan. 2019. *Ethnografie: Eine Einführung*. Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-94218-6>.
- Tilley, Christopher, Webb Keane, Susanne Kuechler, Mike Rowlands, and Patricia Spyer. 2006. *Handbook of Material Culture*. Corwin: Sage.
- Tulodziecki, Gerhard. 2011. «Zur Entstehung und Entwicklung zentraler Begriffe bei der pädagogischen Auseinandersetzung mit Medien». *MedienPädagogik* 20: 11–39. <https://doi.org/10.21240/mpaed/20/2011.09.11.X>.
- Unterberg, Lisa und Benjamin Jörissen. 2021. «Algorithm trouble oder das Unbehagen in einer Kultur der Algorithmen. Postdigitale Kunstpraktiken, Kulturelle Bildung und Widerständigkeit». *Transdisziplinäre Begegnungen zwischen postdigitaler Kunst und Kultureller Bildung*, herausgegeben von Judith Ackermann und Benjamin Egger, 29–42. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32079-9>.
- Verständig, Dan. 2022. «Code and Ethnographic Research: Linking Digital Spheres, Coding Practices and Education». *Going Public. Erziehungswissenschaftliche Ethnographie und ihre Öffentlichkeiten*, herausgegeben von Bettina Hünersdorf, Georg Breidenstein, Jörg Dinkelaker, Oliver Schnoor und Tanya Tyagunova, 169–86. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34085-8_11.
- Waltinger, Michael. 2017. «Die MediaMap – Eine explorative Forschungsmethode zur Entwicklung einer kontextualisierten Mediennutzungsperspektive». *Forschungswerkstatt Medienpädagogik. Projekt – Theorie – Methode*, herausgegeben von Thomas Knaus, 253–86. München: kopaed.
- Zillien, Nicole. 2019. «Affordanz». *Mensch-Maschine-Interaktion*, herausgegeben von Kevin Liggieri und Oliver Müller, 226–28. Berlin: Metzler.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Making als Bildungsinnovation Gelingensfaktoren aus Sicht der Schulentwicklung

Björn Maurer¹  und Selina Ingold² 

¹ Pädagogische Hochschule Thurgau

² Ostschweizer Fachhochschule

Abstract

Die Maker Education hält inzwischen auch in Schulen im deutschsprachigen Raum Einzug. Soll pädagogisches Making jedoch im Sinne einer Bildungsinnovation über punktuelle Ergänzungen des Lernangebots oder kurzzeitpädagogische Aktivitäten wie Maker Days oder Blockwochen hinausgehen und im Sinne eines holistischen Ansatzes methodisch und inhaltlich zum festen Bestandteil des Schulalltags werden, dann kann es als Schulentwicklungsprojekt «gelesen», als solches konzipiert, realisiert und analysiert werden. Auf der Basis eines partizipativen Aktionsforschungsprojekts mit fünf Pilotschulen in der Schweiz wird aufgezeigt, welche Herausforderungen die Implementierung pädagogischen Makings mit sich bringt und welche Faktoren ein solches Schulentwicklungsvorhaben stützen. Dabei werden die erhobenen Daten in dieser Zwischenauswertung im Sinne der extrahierenden qualitativen Inhaltsanalyse anhand von Apriori-Kategorien ausgewertet. Die Kategorien leiten sich von drei Modellen der Schulentwicklungsforschung sowie von der aktuellen Forschungsliteratur im Bereich Making und Schulentwicklung ab (Rolff 2019; Altrichter und Wiesinger 2004; Holtappels 2013). Die analysierten Gelingensfaktoren lassen sich im Schulentwicklungsmodell von Rolff verorten, wobei in diesem Beitrag auf Faktoren im Umfeld der Schule, in der Organisationsentwicklung sowie in der Personalentwicklung eingegangen wird mit dem Ziel, dass sie interessierte Schulen dabei unterstützen, pädagogisches Making einzuführen.

Success Factors of Making as an Educational Innovation from the Perspective of School Development

Abstract

Maker education has meanwhile also found its way into schools in German-speaking countries. To make pedagogical making a systematic and content-related integral part of everyday school life, it needs to be approached as a school development project, designed,

implemented, and analyzed accordingly, rather than being limited to occasional short-term educational activities like maker days or block weeks. Based on a participatory action research project with five pilot schools in Switzerland, this paper shows the challenges of implementing pedagogical making and the factors that support such a school development project. The collected data is analyzed in this interim evaluation using the extracting qualitative content analysis method and Apriori categories. The categories are derived from three models of school development research and current research literature on making and school development (Rolff 2019; Altrichter und Wiesinger 2004; Holtappels 2013). The analyzed success factors can be located in Rolff's school development model, with this paper focusing on factors in the school environment, organizational development, and personnel development to support interested schools in introducing pedagogical making.

1. Einleitung

Die Maker Bewegung hat im deutschsprachigen Raum aus ihrer Nische herausgefunden und in verschiedene Richtungen Strahlkraft entwickelt. Während Akteur:innen aus der Wirtschaft im Making eine Chance sehen, (zukünftige) Arbeitskräfte für MINT-Berufe zu begeistern, den Erwerb digitaler Schlüsselkompetenzen, Innovationsfähigkeit und unternehmerisches Denken sowie Problemlösefähigkeit zu fördern (vgl. Hulla et al. 2021; vgl. Zakoth und Mauroner 2020; vgl. Schmid 2019), betonen Vertreter:innen der außerschulischen Bildungsarbeit die Chance für Empowerment (vgl. z. B. Bettinger et al. 2020), Selbstwirksamkeit und kreativen Ausdruck (vgl. z. B. Boy und Sieben 2017; vgl. Schön und Ebner 2017) und zielen damit u. a. auf Persönlichkeitsbildung und eine kritische Verbraucher:innenbildung (z. B. Data Literacy; vgl. Stornaiuolo 2020). Nach zehn Jahren Verzögerung – verglichen mit den USA – ist die Maker Education auch im deutschsprachigen Raum im Schulkontext angekommen (vgl. Ingold et al. 2019). Sie ist anschlussfähig an (reform)pädagogische Ansätze (vgl. z. B. Kleeberger und Schmid 2019; Himpl-Gutermann et al. 2020), die im Zusammenspiel Bildungsprozesse mit Sinnstiftung (vgl. z. B. Harron und Hughes 2018) und Subjektorientierung (vgl. Ingold und Maurer 2019), Teilhabe (vgl. z. B. Bosse et al. 2022) sowie Lebensweltnähe anreichern.

In der «Making Erprobung Thurgau» wird an fünf Pilotschulen untersucht, inwieweit sich die Maker Education (nachfolgend als pädagogisches Making bezeichnet) als Bildungsinnovation (vgl. Altrichter und Wiesinger 2005, 31; Goldenbaum 2012, 151) auf den Schulkontext transferieren lässt und welche Herausforderungen die Implementierung im Rahmen einer systemisch angelegten Schulentwicklung stellt. Dieser Beitrag geht der Frage nach: *Welche Faktoren stützen bzw. bremsen Schulentwicklung im Bereich Making?*

Hierfür wird zunächst die Projektkonzeption im Lichte der Schulentwicklungsforschung entwickelt. Anschliessend werden vor diesem Hintergrund ausgewählte Befunde der Zwischenauswertung diskutiert. Ziel ist es, neue Perspektiven auf pädagogisches Making in der Schule zu gewinnen und konkrete Massnahmen für die Pilotschulen und andere Projekte abzuleiten. Die Ergebnisse sind vorläufig, da das Forschungsprojekt noch nicht abgeschlossen ist.

1.1 Pädagogisches Making

Folgende neun Charakteristika des pädagogischen Makings liegen dem Transfer- bzw. Implementationsvorhaben zugrunde:

1. *Wahrnehmbare Artefakte:* Pädagogisches Making ist ein Sammelbegriff für konstruktions- und produktionsorientierte Lernaktivitäten, deren Ergebnis sinnlich wahrnehmbare Artefakte sind (vgl. Shively et al. 2021, 156).
2. *Eigene Ideen als Treiber:* Die treibende Kraft für Making-Lernaktivitäten liegt in der intrinsischen Motivation der Lernenden (vgl. Regalla 2016, 276). Die Lernenden entscheiden auf Basis ihrer Ideen, Interessen und Bedürfnisse, welche Artefakte sie mit welchen Materialien sowie Technologien entwickeln und wie sie dabei vorgehen (vgl. Sheffield et al. 2017, 149).
3. *Materialisierte Gedanken:* In Artefakten werden konzeptionelle Ideen und Problemlösungsversuche als dreidimensionale Gedankenskizzen sichtbar, die in der Lerngemeinschaft diskutiert werden können (vgl. Kafai 2006; Papert 1993). Es ist nicht notwendig, dass die Artefakte handwerklichen Kriterien entsprechen oder funktionsfähig sind. Der Lern- und Erfahrungsprozess bei der Entwicklung und die damit verbundenen Erkenntnisse sind wichtiger als das Artefakt selbst.
4. *Iteration und Reflexion:* Die Entwicklung erfolgt iterativ durch den Design-Thinking-Prozess, der Phasen von Problemanalyse, Ideenentwicklung, Recherche, Konstruktion und Tests umfasst (vgl. Heredia und Tan 2021; Freeman et al. 2017). Dadurch können Lernende schnell Ideen testen, Fehler erkennen und beheben. Die Dokumentation des Prozesses ermöglicht Reflexion und das Lernen aus Fehlern.
5. *Subjektorientierte und ko-konstruktive Lernformen:* Selbstgesteuerte, autodidaktische und situierte Lernformen haben ein höheres Gewicht als lehrgangsorientiertes, instruktionales Lernen im Gruppenverband. Das eigenständige, spielerische Tüfteln (Tinkering) stellt einen zentralen Zugang zum Lernen dar (vgl. Hatch 2013). Pädagogisches Making erlaubt Lernaktivitäten unterschiedlicher Komplexität und bietet Zugänge und Entwicklungspotenziale für Lernende mit unterschiedlichen Dispositionen. Das Motto «Low Floor, High Ceiling und Wide Walls» (Resnick 2017) ist handlungsleitend.

6. *Maker-Mindset*: Im pädagogischen Making verstehen sich alle Akteur:innen als Lernende. Das Maker-Mindset zeichnet sich aus durch Ermutigung, Inspiration, Wertschätzung sowie die Möglichkeit, Risiken einzugehen und Fehler zu machen (vgl. Jaatinen et al. 2019; Regalla 2016). Es weist Überschneidungen mit dem Growth Mindset-Konzept der positiven Psychologie auf (vgl. Vongkulluksn et al. 2021).
7. *Tools und Technologien*: Pädagogisches Making nutzt digitale Medien und Fabrikationstechnologien wie 3D-Druck und Microcontroller neben klassischen Materialien wie Holz oder Karton (vgl. Valente und Blikstein 2019; Schön et al. 2019). Analoge und digitale Tools ergänzen sich gegenseitig. Ziel ist es, den Lernenden Zugänge zu Technologien zu bieten, um ihre eigenen Fähigkeiten zu erweitern (vgl. Hatch 2013).
8. *Didaktische Bescheidenheit*: Maker-Pädagog:innen verstehen sich als Lernbegleiter:innen, die Ideen der Lernenden ernst nehmen und sie – im Sinne einer «didaktischen Bescheidenheit» (Arnold 2017, 127) – bei deren Umsetzung beraten, ohne Schritt-für-Schritt-Lösungen vorzugeben oder zu stark in den Prozess einzugreifen (vgl. Peppler et al. 2016; Schön et al. 2019, 48). Pädagogisch arrangierte Lernaufträge (Making-Challenges) sind durch eine gewisse Offenheit («open-ended», Assaf 2019) geprägt und lassen Raum zum Ausprobieren und auch Scheitern – wobei das Scheitern pädagogisch begleitet werden muss, um sich verstärkende Dispositive zu vermeiden (vgl. Godhe et al. 2019, 323ff.).
9. *Überfachliche und fachliche Kompetenzen*: Pädagogisches Making zielt auf die Förderung überfachlicher Kompetenzen wie Kreativität, Problemlösefähigkeit, Empathie, Kollaboration und Selbstreflexion (21st Century Skills; vgl. Martinez und Stager 2013). Es ist interdisziplinär ausgerichtet und bezieht fachliche Aspekte aus Bereichen wie Informatik, Mechanik, Elektronik, (Performative) Kunst, Textil und Produktdesign, Mediengestaltung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung mit ein (vgl. Johnston et al. 2022).

1.2 Pädagogisches Making als schulische Bildungsinnovation

In der *Making Erprobung Thurgau* wird der Versuch unternommen, Anliegen, Prinzipien und Design-Merkmale des pädagogischen Makings auf den Schulkontext zu übertragen. Die Komplexität des pädagogischen Makings lässt bei diesem Transfer grundlegende Veränderungen erwarten, die über punktuelle Anpassungen (z. B. einzelne Unterrichtsmethoden) hinausgehen. Somit kann das Transfervorhaben, Altrichter und Wiesinger (2005, 31) folgend, als Implementierung einer «Bildungsinnovation» im Rahmen von Schulentwicklung verstanden werden. Auf Passungsschwierigkeiten

zwischen Maker-Kultur und «Grammar of Schooling» (Tyack und Tobin 1994) weisen mehrere Autor:innen hin (vgl. z. B. Ingold und Maurer 2019; Godhe et al. 2019; Heredia und Tan 2021, 180).

1.3 Schulentwicklungsverständnis

In diesem Beitrag wird von einem umfassenden Verständnis von Schulentwicklung ausgegangen. Eine zentrale Referenz ist das (1) Drei-Wege-Modell von Rolff (2007), das Schüler:innen in den Fokus rückt und methodisch-didaktische Aspekte auf Unterrichtsebene, die organisationale sowie die personelle Ebene im Kontext des Schulumfelds betrachtet (30; vgl. Abb. 1). Das (2) Modell der Implementationsforschung von Altrichter und Wiesinger (2004) differenziert konkrete Herausforderungen der Implementierung von Bildungsinnovationen in den vier Dimensionen (a) Charakteristika der Innovation, (b) Charakteristika des lokalen Kontexts, (c) Charakteristika der Innovation und (d) Politik, Zentralverwaltung und externe Agenturen (vgl. Abb. 2). Das Modell von (3) Holtappels (2019) leitet Gelingensbedingungen für Innovation an einer «Architektur» der Schule als «lernender Organisation» (Senge 2021) ab (vgl. Tab. 1). Dabei werden die drei Bereiche (1) Vision und Motivation, (2) Infrastruktur der Innovation und (3) Innovationsstrategien/-verfahren unterschieden.

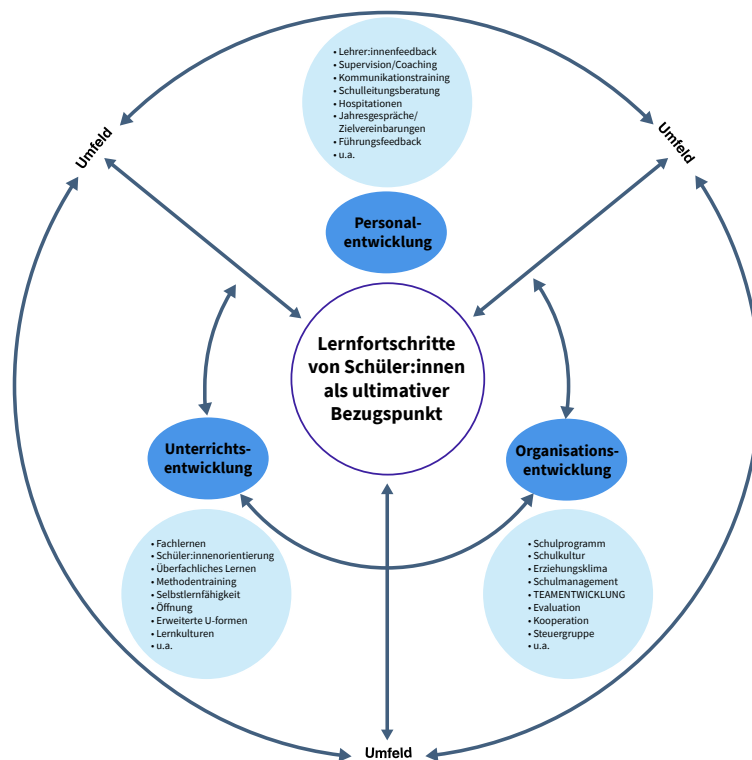


Abb. 1: Drei-Wege-Modell der Schulentwicklung nach Rolff (2007, 30).

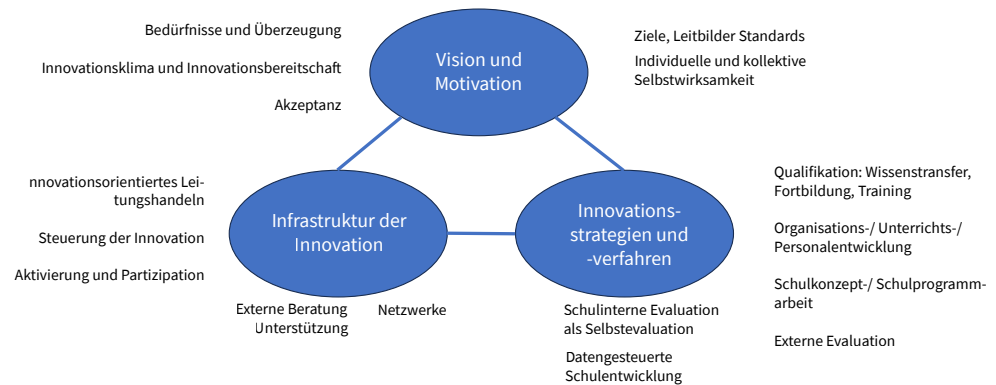


Abb. 2: Einflussfaktoren auf Implementierung (Altrichter und Wiesinger 2005, 32).

<p>A. Charakteristika der Innovation selbst</p> <ul style="list-style-type: none"> • (wahrgenommenes oder gefühltes) Bedürfnis • Klarheit (der Ziele und Mittel) • Komplexität • Qualität, kontextuelle Passung und Praktikabilität 	<p>C. Organisation</p> <p><i>C1. Akteur:innen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Leitung der Organisation (z. B. Schulleiter/in und ev. Schulleitungsteam; Projektleitung, Steuergruppe) ↳ Ausmass des Commitments zur Innovation ↳ Fähigkeit, Ressourcen zu beschaffen ↳ Schutz vor äusserer Einmischung ↳ Anerkennung und Ermutigung für das Personal ↳ Anpassung der Standardverfahrensweisen • Kompetenzen und Einstellungen der Lehrer:innen ↳ Partizipation bei der Entscheidungsfindung ↳ Qualität der kollegialen Beziehungen • Kompetenzen und Einstellungen der Schüler:innen und anderer Betroffener <p><i>C2. Charakteristika der Organisation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompatibilität der Ziele der Innovation mit den strategischen Zielen der Organisation • organisationale Strukturen und Prozesse • Anreizsysteme und Karrieremuster • Charakteristika des bestehenden Curriculums und der Leistungsbeurteilungsverfahren • Organisationskultur
<p>B. Charakteristika des lokalen Kontexts</p> <ul style="list-style-type: none"> • regionale Verwaltung (z.B. Schulbezirk) ↳ Geschichte: positive/negative Erfahrungen mit Innovationen ↳ adäquate Unterstützung und Begleitung von Innovationen ↳ aktives Wissen und Verständnis bzgl. der Innovation • Charakteristika des engeren lokalen Umfeldes (z. B. Gemeinde) • Stabilität/Veränderlichkeit des Kontextes 	
<p>D. Politik, Zentralverwaltung und externe Agenturen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualität der Beziehungen zwischen zentralen und lokalen Akteur:innen • Ressourcenunterstützung und Fortbildung 	

Tab. 1: Gelingensbedingungen für Innovationen in Schulen in Anlehnung an die Architektur der Schule als lernende Organisation (Holtappels 2013, 57).

Als Framework für Design-Entscheidungen, für die Planung und Umsetzung der Implementierung sowie für die Auswertung der Erfahrungen dient das Drei-Wege-Modell von Rolff (2007). Relevante Gelingensbedingungen von Holtappels

(2013/2019) und Einflussfaktoren von Altrichter und Wiesinger (2004/2005) sind im Drei-Wege-Modell von Rolff passend zugeordnet (vgl. Tab. 1). Aufgrund der strukturellen Differenzen zwischen dem Deutschen und dem Schweizer Bildungssystem werden nur für die Schweiz relevante Faktoren berücksichtigt.

2. Forschungsstand: Making und Schulentwicklung

Im Folgenden wird der Forschungsstand im Bereich Making und Schulentwicklung aufgearbeitet. In die Literaturanalyse einbezogen werden nur Studien, die mindestens zwei der drei Dimensionen von Schulentwicklung nach Rolff (2007) thematisieren.

Shively et al. (2021) zeigen in einer qualitativen Studie auf, dass die Kooperation zwischen Lehrpersonen, um sich bei Unsicherheiten und Wissenslücken zu unterstützen, für eine Implementierung hilfreich ist. Die Studie unterstreicht die Bedeutung des Umfelds, in dem pädagogisches Making stattfindet, einschliesslich administrativer Strukturen, Lern- und Austauschangebote sowie einer Schulkultur mit erkennbaren Strukturen und Prozessen (vgl. ebd., 157). Der Fokus der DBR-Studie von Fernandez et al. (2020) liegt auf der Rolle der Maker-Teacher («Lab-Teacher»), welche MakerSpaces betreuen und andere Lehrpersonen bei der Einbindung von Making-Elementen in ihren Unterricht unterstützen. Ergebnis sind neben einer Rollen- und Aufgabenbeschreibung der Lab-Teacher Hinweise zu organisatorischen Strategien und zum Design von Weiterbildungsangeboten. Harron und Hughes (2018) untersuchen, wie Leiter:innen von MakerSpaces in Schulen die pädagogischen Ziele ihrer Einrichtungen beschreiben und wie sie die Integration von Making-Aktivitäten im schulischen Lehrplan sehen. Jene wollen Schüler:innen zu aktiven Maker:innen machen, Schule sinnvoller und relevanter gestalten, Fehlerfreude fördern und neue Perspektiven für die berufliche Orientierung eröffnen. Sie bieten Unterstützung an und sehen Making als Möglichkeit für ausserschulische Aktivitäten sowie alternative Formen von Leistungsbewertungen und -nachweisen. Valente und Blikstein (2019) betonen in ihrer Studie, dass im MakerSpace zwar Produkte erstellt werden, aber dies nicht zwangsläufig mit einem Wissensaufbau bei den Schüler:innen einhergeht. Sie sehen eine wichtige Rolle für Lehrpersonen als «kritische Mediatoren», um die Reflexions- und Wissensbildungsprozesse der Schüler:innen bewusst anzuregen und Making-Aktivitäten verstärkt mit dem Fachunterricht zu verknüpfen. Empfohlen werden Fortbildungen für Lehrpersonen sowie die Unterstützung durch erfahrene Personen im Making-Unterricht. Godhe et al. (2019) wagen in ihrer Metastudie angesichts der verstärkten Forderung, Making in den formalen Bildungskontext zu überführen, eine kritische Reflexion, inwiefern Making und Schule zusammenpassen.

Sie gehen insbesondere auf Herausforderungen des Lehrens und Lernens mit Maker Technologien sowie auf die Maker Kultur im Vergleich bzw. im Gegensatz zur Schulkultur ein (vgl. ebd., 318). Es geht u. a. um curriculare Fragen, Rollenklärungen, Leistungsbeurteilung sowie um organisatorische Herausforderungen im Schulalltag (vgl. ebd., 319). Himpl-Gutermann et al. (2020) untersuchen die Implementierung von medienpädagogisch akzentuiertem Making in Schulen und diskutieren ihre Erkenntnisse im Kontext von Schulentwicklung. Sie stellen fest, dass Schulen mit aktiver Beteiligung der Schulleitung und Erfahrungen im agilen Projektmanagement eine höhere Aktivität im Projekt zeigten (vgl. ebd., 36). Zudem erreicht das Prinzip der Freiwilligkeit nur eine kleine Gruppe von motivierten Lehrpersonen. Niederschwellige Austauschgelegenheiten für Lehrpersonen erweisen sich als förderlich (vgl. ebd., 41). Im Rahmen einer mehrjährigen wissenschaftlichen Begleitung der Implementierung eines MakerSpace in einer Gesamtschule können Gravel und Puckett (2023) Spannungen und Reibungsverluste auf vier Faktoren zurückführen: (1) Qualifikation der Lehrpersonen, (2) räumliche Bedingungen, (3) fachliche Faktoren und (4) strukturelle Faktoren. Gravel und Puckett (2023) plädieren für weitere Forschung, um die Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren zu verstehen. In einem Forschungsprojekt von Maurer und Ingold (2021) wurde mit dem Schulhausteam einer Primarschule ein MakerSpace konzipiert und in den Schulalltag integriert. In der qualitativen DBR-Studie wurden neun Handlungsfelder der Schulentwicklung identifiziert, die bei der Implementierung von Maker Education relevant sind (vgl. Tab. 2).

1 Making Kompetenzen	2 Maker Mindset	3 Making Unterricht	4 Lernbegleitung	5 Making-Curriculum	6 Raumgestaltung	7 Ausstattung	8 Weiterbildung LPs	9 Leadership und Schulkultur
Zielhorizont (FF1.1-KZiel)	Making-Prinzipien (FF2.1-MPrinzip)	Unterrichtsplanung (FF3.1-UPlanung)	Rollenverständnis (FF4.1-LB-Rolle)	Themen (FF5.1-CThemen)	Architektur/Technik (FF6.1-RArchitektur)	Materialbedarf (FF7.1-MBedarf-Mat)	Making Pädagogische Kompetenz (FF8.1-WB-Quali)	Vision und Zielorientierung (FF9.1-LVision)
Kompetenzaneignung (FF1.2-KAneignung)	Synergien (FF2.2-MSynergie)	Making-Kultur (FF3.2-UKultur)	Selbstständigkeit (FF4.2-LB-Selbstständig)	Zielstufenorientierung (FF5.2-CZielstufen)	Raumeinteilung (FF6.2-REinteilung)	Maschinenbedarf (FF7.2-MBedarf-Masch)	Vorkenntnisse/Bedürfnisse (FF8.2-WB-Bedürfnis)	Projektmanagement (FF9.2-LMAnage)
Interdisziplinäre Kompetenzentwicklung (FF1.3-KInterdis)	Reibungspunkte (FF2.3-MReibung)	Unterrichtsgestaltung (FF3.3-UMethoden)	Problemlösen (FF4.3-LB-Probleme)	Making im Fachunterricht (FF5.3-CFach)	Mindset im Raum (FF6.3-RMindset)	Digitale Fabrikation (FF7.3-MDig-Fabrik)	Weiterbildungsformate (FF8.3-WB-Format)	Organisationskultur (FF9.3-LKultur)
Dispositionen und Einstellungen SuS (FF1.4-KompetenzenSuS)	Motivation SL und LPs (FF2.4-MMotiv)	Making-Aktivitäten (FF3.4-UTypen)	Projekte betreuen (FF4.4-LB-Betreuung)	Medien und Informatik (FF5.4-CMI)	Anregungen Inspiration (FF6.4-RInspiration)	Physical Computing (FF7.4-MDig-Werkstoffe)	Netzwerk und kollegialer Austausch (FF8.4-WB-network)	Kommunikation (FF9.4-LKommunikation)
	Bedürfnis nach Veränderung (FF2.5-MBedürfnis)	Making-orientierter Fachunterricht (FF3.5-UFachunterricht)	Lernprozesse dokumentieren (FF4.5-LB-Lerndoku)	Nachhaltige Entwicklung (FF5.5-CBNE)	Zugänge, Orientierung, Ordnung (FF6.5-RZugang)	Medien/ICT (FF7.5-MMedien)	Qualität der Weiterbildungsangebote (FF8.5-WB-Qualität)	Partizipation (FF9.5-LParti)
	Maker Mindset LPs und SuS (FF2.6-MMindset)	Projekte/Produkte (FF3.6-UProdukt)	Leistungen begutachten (FF4.6-LB-Begut)	Partizipation Themen (SuS) (FF5.6-CParti)	Partizipation (SuS) (FF6.6-RParti)	Sicherheit (FF7.6-MSafety)	Hilfreiche Quellen/Expertise (FF8.6-WB-Quellen)	Kollaboration im Team (FF9.6-LKollab)

Tab. 2: Neun Handlungsfelder der Schulentwicklung (Maurer und Ingold 2021).

Eine umfassende Betrachtung der Forschungsaktivitäten im Bereich Making und Schulentwicklung offenbart Desiderate. Obwohl einzelne Aspekte untersucht wurden, fehlt eine Schulentwicklungsperspektive, die Making in Bezug auf Organisations-, Personal- und Unterrichtsentwicklung betrachtet. Darüber hinaus bleibt die Einbettung der Ergebnisse in die Theorie der Implementierungs- und Transferforschung von Bildungsinnovationen ausstehend.

3. Making Erprobung TG: Erprobungsdesign

Im Kanton Thurgau (Schweiz) erprobten fünf Pilotschulen über einen Zeitraum von drei Jahren (Oktober 2020 bis September 2023) Making-Ansätze im Schul- und Unterrichtsalltag. Die Erprobung ist vom Amt für Volksschule des Kantons Thurgau (AV) beauftragt. Sie wird vom Institut für Innovation, Design und Engineering der Ostschweizer Fachhochschule (OST) sowie von der Pädagogischen Hochschule Thurgau (PHTG) koordiniert und begleitend evaluiert. Dabei werden Konzepte aus dem Bereich der Innovationsforschung mit Schulentwicklung verknüpft, um das Potenzial der Maker Education als Bildungsinnovation zu nutzen. Die Erprobung wird vom AV sowie von Eigenmitteln der beteiligten Pilot- und Hochschulen finanziert. Das Ziel ist, Umsetzungshilfen und -angebote aus den Erfahrungen zu entwickeln, um weitere Schulen bei der Implementierung von Making Ansätzen zu unterstützen.

3.1 Auswahl der Pilotschulen

Die Making Erprobung TG wurde von drei Schulen in Zusammenarbeit mit den beiden Hochschulen initiiert (Bottom-Up), ist also kein Top-Down-Schulentwicklungsprojekt (vgl. Rolff 2019). Eine Unterstützungsanfrage bei der zuständigen Bildungsbehörde – dem AV – stiess auf positive Resonanz. Da jede Schule als individuelles System mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen funktioniert (vgl. ebd., 14) und die Erprobung ein möglichst breites Spektrum von politischen, personellen, geografischen und räumlichen Rahmenbedingungen abbilden soll, wurde seitens des Auftraggebers die Bedingung formuliert, zwei weitere Schulen in die Erprobung einzubeziehen. Durch die Vernetzung der fünf Schulen ist das Innovationsvorhaben im Kontext einer regionalen Bildungslandschaft verortet. Die geografische Nähe ermöglicht den Austausch und Wissenstransfer über Organisationsgrenzen hinweg (vgl. Holtappels 2013, 60). In diesem Sinne bietet «horizontale Schulentwicklung» (Rolff 2019, 16) die Chance zur Bildung von professionellen Lerngemeinschaften (vgl. Altrichter und Wiesinger 2004, 225), die sich auf Augenhöhe gegenseitig inspirieren und motivieren.

3.2 Rollen, Aufgaben und Zuständigkeiten

Das AV ist übergeordnete Steuerungs- und Kontrollinstanz und stellt das Schulentwicklungsprojekt in den Kontext aktueller kantonaler und nationaler Entwicklungsprozesse im Bildungsbereich. Zudem wird das AV Making in seiner Strategie «Schule und Digitalität» verortet, die derzeit erarbeitet wird. Die beiden Hochschulen leiten und koordinieren die Erprobung, unterstützen Schulen bei der Implementierung, evaluieren die Durchführung und erstellen Umsetzungshilfen (z. B. Nutzungskonzepte, Anregungen zur Raumgestaltung, Lernangebote). Die PHTG bietet Weiterbildungen für Lehrpersonen der Pilotschulen an. Die Pilotschulen haben die Aufgabe, einen MakerSpace zu konzipieren, zu betreiben und zu evaluieren. Sie bilden ein Maker-Team, dessen Mitglieder als «Change Agents» (Holtappels 2019, 287) fungieren und eine wichtige Funktion für den Wissenstransfer, die Motivation und die partizipative Aktivierung innerhalb des Schulhauses innehaben (Kooperations-Schneeballeffekt; vgl. Gräsel und Parchmann 2004, 209).

3.3 Agiler Charakter der Implementierung

Die Making-Erprobung basiert auf einem zirkulären Verständnis von Innovation (vgl. Bormann 2011, 56). Die Bildungsinnovation wird durch Akteure aus Schulen, Hochschulen, dem AV und dem Umfeld gemeinsam gestaltet (vgl. Fendt 2008, 179) und an die Kontextbedingungen angepasst. Die Modifizierung der Innovation wird als wesentliches Charakteristikum der Implementierung betrachtet (vgl. Altrichter und Wiesinger 2005, 31). Zur Abstimmung dienen regelmässige schulübergreifende Treffen, Standortbestimmungen und Workshops. Somit sind trotz aller Offenheit verbindliche Strukturen eingerichtet, die für Schulentwicklung wichtig sind (Maag Merki et al. 2022, 36).

3.4 Leitung und Maker-Team

Die Schulleitungen (SL) übernehmen die Leitung der Making-Erprobung an ihrer jeweiligen Schule. Aus der Schulentwicklungsforschung ist bekannt, dass Schulleitungen eine wichtige Rolle bei der Einführung von Bildungsinnovationen spielen (vgl. Fullan 2016; Altrichter und Wiesinger 2004, 224), insbesondere im pädagogischen Making (vgl. Himpsl-Gutermann et al. 2020, 36; Stevenson et al. 2019; Gravel und Puckett 2023, 21). Unterstützt werden sie von einem Maker-Team («Change Facilitating Team», Holtappels 2013, 59), das aus motivierten Lehrpersonen aller Zyklen (Stufen) und Fachbereiche besteht.

4. Design der Begleitforschung

Intention der partizipativen Aktionsforschung (PAF) ist, die Perspektiven von Wissenschaft und Praxis zu vereinen, um gemeinsam mit Lehrpersonen, Schulleitungen, Behördenmitgliedern und Hochschulmitarbeitenden Making im Schulalltag zu erproben. Durch partnerschaftliche Zusammenarbeit der unterschiedlichen Stakeholder im Schulfeld soll eine forschungsbasierte Praxisveränderung erreicht werden (vgl. Laudonia und Eilks 2003, 128; Heeg et al. 2020, 24). Die Akteur:innen im Schulfeld übernehmen zwei Funktionen. Sie agieren einerseits als Forschungssubjekte, die von den Hochschulmitarbeitenden beforscht werden. Andererseits treten sie als Co-Forschende auf, die Daten erheben, ihre Erfahrungen reflexiv einordnen, nötige Anpassungen vornehmen und ihren Erkenntnisprozess dokumentieren. Da die Forschungserfahrung von Lehrpersonen in der Regel begrenzt ist, werden wissenschaftliche Standards zur Datenerhebung pragmatisch angewandt, gemäss Glasers Diktum «All is Data» (vgl. Bergold und Thomas 2012, 18).

Lehrpersonen, Schulleitungen, Behördenmitglieder und Schüler:innen werden zudem von Forschenden im Rahmen von Leitfadeninterviews und strukturierten Gruppendiskussionen befragt. Die Leitfäden basieren auf den neun Handlungsfeldern der Schulentwicklung nach Maurer und Ingold (2021; vgl. Tab. 2). Den Gesprächen gehen schriftliche Online-Befragungen voraus, die die Funktion haben, die Fragenkomplexe an die Perspektive der Befragten anzupassen. Als weitere Daten werden Protokolle von schulübergreifenden Netzwerktreffen und Sitzungen der Steuergruppen, Planungspapiere für Workshops und Unterrichtseinheiten, Artefakte aus der Praxis wie beispielsweise Fotos von Prototypen sowie Feldnotizen der Forschenden genutzt. Die Zwischenergebnisse fließen kontinuierlich in die Produktion von Umsetzungshilfen ein, die unter <https://www.makerspace-schule.ch> abgerufen werden können.

Im Sinne der extrahierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Gläser und Laudel 2010) wurde das Datenmaterial anhand von Apriori-Kategorien analysiert. Tabelle 1 fasst die Apriori-Kategorien zusammen. Die Kategorien leiten sich von den Modellen von Rolff (2007), Altrichter und Wiesinger (2004) sowie Holtappels (2013) ab, ergänzt um weitere Kategorien, die aus der Forschungsliteratur im Bereich Making und Schulentwicklung herausgearbeitet wurden. Intercoder-Reliabilität wurde erreicht, indem 20% des Datenmaterials doppelt verdeckt codiert und daraufhin das Codebuch hinsichtlich intersubjektiver Nachvollziehbarkeit und Trennschärfe der Codes angepasst wurde. Nach abgeschlossener Kodierung des Textmaterials erfolgten weitere relationale Analyseschritte (vgl. Kuckartz 2005), in welchen Kausalmechanismen auf weiteren Abstraktionsebenen rekonstruiert und in der Schulentwicklungstheorie interpretiert und eingeordnet werden. Der Bereich Unterrichtsentwicklung wird im Folgenden nicht ausgewertet, da zum Zeitpunkt der Zwischenauswertung zu wenig Datenmaterial vorlag.

Umfeld	Organisationsentwicklung	Personalentwicklung	Unterrichtsentwicklung
<p>Netzwerke (H, A)</p> <p>Ressourcen/Unterstützung (A)</p> <p>Lokales und politisches Umfeld (A)</p> <p>Beziehungsqualität zu Verwaltung/Schulbehörde (A) (Maurer und Ingold 2021)</p>	<p>Vision/Leitbild/Strategie</p> <p>Innovationsbedürfnis/Innovationsklima (H, R, A) (Shively et al. 2021)</p> <p>Organisationskultur (A, R) (Tan et al. 2018; Shively et al. 2021; Godhe et al. 2019)</p> <p>Stabilität/Sicherheit/Entwicklungssituation (A) (Gravel und Puckett 2023; Godhe et al. 2019)</p> <p>Leitung (H, A) (Himpsl-Gutermann et al. 2020; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Kommunikation und Klarheit (A)</p> <p>Curriculum (A) (Gravel und Puckett 2023; Godhe et al. 2019; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Strukturen/Stundenplanung/ Organisation/ Komplexität/Qualität (Godhe et al. 2019; Gravel und Puckett 2023; Shively et al. 2021; Harron und Hughes 2018)</p> <p>Kompatibilität (A, H) Ressourcen (A)</p> <p>Räumliche Bedingungen (Gravel und Puckett 2023; Maurer und Ingold 2021)</p>	<p>Weiterbildung (H, R) (Fernandez et al. 2020; Gravel und Puckett 2023; Maurer und Ingold 2021) und Beratung von aussen (H) (Valente und Blikstein 2019)</p> <p>Kompetenzen Lehrpersonen(A) (Maurer und Ingold 2021; Fernandez et al. 2020), LPs als Mitlernende (Gravel und Puckett 2023)</p> <p>Wissenstransfer (H)</p> <p>Motivation/Haltung/ Überzeugung/ Selbstwirksamkeit (H) (Maurer und Ingold 2021; Himpsl-Gutermann et al. 2020)</p> <p>Co-Teaching (A, R) (Shively et al. 2021; Fernandez et al. 2020; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Zusammenarbeit, Arbeitsteilung und Austausch (A, R) (Shively et al. 2021; Fernandez et al. 2020; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>bisherige Erfahrungen mit Schulentwicklung (A)</p> <p>Partizipation (A) (Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Anreizsystem/ Karriermuster (A)</p>	<p>Kompatibilität / Praktikabilität (Lehrplan, Bildungsauftrag) (A) (Gravel und Puckett 2023; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Offenheit d. Lernangebote (R), Lehren und Lernen im Making (Maurer und Ingold 2021; Godhe et al. 2019)</p> <p>Verbindung von fachlichem und überfachlichem Lernen (Making) (Valente und Blikstein 2019; Gravel und Puckett 2023; Harron und Hughes 2018; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Leistungsbeurteilung (Godhe et al. 2019; Harron und Hughes 2018; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Lernbegleitung beim Making (Fernandez et al. 2020; Valente und Blikstein 2019; Maurer und Ingold 2021)</p> <p>Kompetenzen/Einstellungen der Schüler:innen (A), Making-Kompetenzen (Maurer und Ingold 2019), (Harron und Hughes 2018)</p>

Tab. 3: Apriori-Codes (H = Holtappels, A = Altrichter und Wiesinger, R = Rolff) basierend auf dem Drei-Wege-Modell von Rolff (2007). Die fettgedruckten Codes wurden in diesem Beitrag analysiert.

5. Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt wird auf ausgewählte Ergebnisse aus der Zwischenevaluation der Making Erprobung Thurgau eingegangen, die Herausforderungen wie auch Lösungsstrategien bei der Implementierung von pädagogischem Making an Volksschulen beleuchten.

	Verbindlichkeit	Budget	Maker-Team	Maker-Teacher	MakerSpace	Angebot (Stand 2022)	Stufe
Schule 1 (S1)	für SuS und LPs freiwillig	klein	X		ehem. Werkraum	Freifach, MINT-Unterricht	Primar (Sek)
Schule 2 (S2)	für SuS und LPs freiwillig	mittel	X		Provisorium im Klassenzimmer	Freifach, MINT-Unterricht	Sek Primar
Schule 3 (S3)	für SuS und LPs freiwillig	gross		X	Neubau	Freizeitangebote Unterricht	Primar
Schule 4 (S4)	für SuS und LPs obligatorisch	gross	(X)	X	ehem. Bibliothek	Freifach, Unterricht	Sek Primar
Schule 5 (S5)	für SuS und LPs freiwillig	klein	X		leerstehendes Schulhaus (dezentral)	Freifach	Primar

Tab. 4: Kurzporträts der Pilotschulen der Making Erprobung Thurgau.

5.1 Umfeld: Gesellschaftlicher und bildungspolitischer Kontext

5.1.1 Schulbehörden: Rückhalt und Beziehungsqualität

Die Schulleitungen sehen den Rückhalt der Schulbehörde als wichtige Voraussetzung für die Implementierung von Maker Education an. Die Behörde muss mit den pädagogischen Anliegen und Zielen vertraut gemacht werden, damit sie die Making-Idee vor dem Stimmvolk vertreten kann (S3). An S2 wurde dies durch einen Making-Workshop erreicht, in dem Behördenmitglieder, Schulleitung und Maker-Team gemeinsam Prototypen für den MakerSpace entwickelten. An S1 waren Behördenmitglieder an einer Zukunftswerkstatt beteiligt, um Ideen und Visionen für die Einführung von Making an der Schule zu entwickeln. In S1 gab es anfangs Skepsis seitens einzelner Behördenmitglieder. Es wurde bezweifelt, ob genügend Lehrpersonen gefunden werden können, die das Vorhaben unterstützen. Weitere Gründe waren mangelndes Interesse am Thema sowie ein klassisches Projektmanagementverständnis der Behörde, welches das agile Arbeiten im Sinne der Making-Erprobung erschwerte. Gleichwohl ist es dem Maker-Team S1 gelungen, mit überschaubaren finanziellen Mitteln und hohem Engagement eine grosse Wirkung zu erzielen. Durch die konsequente Einbeziehung des Schulumfelds (Elternworkshops, Workshops mit ortsansässigen Betrieben, Entwicklungsworkshops mit Kindern) konnte das Interesse und die Akzeptanz der lokalen Öffentlichkeit gesteigert werden. Die engagierte

Social-Media-Arbeit von Schulleitung und Maker-Team brachte zusätzlich positive Resonanz aus der Fachcommunity, was die Beteiligten in ihrem Tun bestärkte und die Behörde von der Qualität der Projektarbeit überzeugte.

5.1.2 Lokales und politisches Umfeld

S1 hat in einer frühen Phase der Erprobung das lokale Gewerbe zu einem Workshop eingeladen:

«Was auch gut war, die Betriebe, das Dorf mit einzubeziehen. Vor allem für die [...] Betriebe, die auch Lehrlinge ausbilden. Sie kritisieren häufig, dass die Schüler:innen nichts können, wenn sie [aus der Schule] kommen. Ihre Inputs waren wichtig um herauszufinden, was sie sich wünschen» (SL S1).

Dabei wurden vor allem überfachliche Kompetenzen wie Problemlösefähigkeit, Sozialkompetenz, Teamfähigkeit und Mut erwähnt. Auch S2 hat an einem Anlass für das lokale Gewerbe die Idee vorgestellt und positive Resonanz bekommen. Andere Schulen waren anfangs zurückhaltender mit öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen und wollten den Lehrpersonen die Möglichkeit geben, zunächst in einem geschützten Rahmen Erfahrungen zu sammeln. Alle Schulleiter sind sich aber einig, dass Making das Potenzial hat, die Durchlässigkeit zwischen Schule und Lehrbetrieben zu verbessern. Die Zusammenarbeit mit Unternehmen bietet die Chance, Fachexpertise in die Schule zu holen. Eine Lehrperson der S1 meint dazu:

«Es wäre schön, wenn wir ein grösseres Netzwerk mit den Betrieben in der Region aufbauen könnten. [...] Wenn zum Beispiel ein Schüler super gut ist mit Holz und wir keine Kapazität haben, ihn zu unterstützen. Wenn man so einen Schüler dann in einen lokalen Holzbetrieb schicken kann, ist das super».

Um die Gefahr reinen Sponsorings bzw. Product Placements in der Schule abzuwenden, schlägt ein Behördenmitglied vor, nur Betriebe einzubeziehen, bei denen es «eine inhaltliche Passung zum Making gibt» (S5) gibt.

An drei Schulen wurden Eltern nicht explizit in die Projektentwicklung einbezogen. Aufgrund der Corona Pandemie musste S1 einen geplanten Workshop mit Eltern in eine Online-Umfrage umwandeln, um deren Anliegen in das Projekt einzubeziehen. Andere Schulen informierten die Eltern zwar über die Making-Erprobung, luden sie jedoch nicht zur aktiven Mitarbeit ein. Offenbar müssen sich Lehrpersonen an die Zusammenarbeit mit Eltern gewöhnen. Für einzelne von ihnen ist es schwierig, Fehler zu machen oder Nicht-Wissen Eltern gegenüber einzugestehen, was eine Zusammenarbeit im MakerSpace erschwert (SL S2). Trotzdem fanden an allen Schulen Elternbesuchsangebote und Tage der offenen Tür statt. Einzelne Pilotschulen

planen, den MakerSpace in Zukunft für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen und mit anderen Organisationen zusammenzuarbeiten. Dies birgt jedoch Herausforderungen in Bereichen wie Wartung, Sicherheit und personelle Betreuung.

5.1.3 Finanzielle Förderung

In der Zwischenauswertung zeigen sich Unterschiede in den Ressourcen der Schulen. Eine Lehrperson von S3 hat im Rahmen eines individuellen Bildungssemesters das Making-Konzept entwickelt. Sie wurde anschliessend mit einem 100 %-Pensum für Making eingestellt, was von anderen Lehrpersonen als Entlastung wahrgenommen wird. Auch S4 hat einen Maker-Teacher eingesetzt, allerdings mit geringerem Pensum. An S5 teilen sich drei Lehrpersonen ein 60 % Pensum. S1 und S2 haben begrenzte Personalressourcen und nutzen den kantonalen Zuschuss von 15.000 CHF/Jahr hauptsächlich für Freifachangebote und die MakerSpace-Bewirtschaftung. S2 erwartet von den Lehrpersonen ein gewisses Engagement («ausserunterrichtlicher Berufsauftrag»), aber signalisiert auch Bereitschaft für finanzielle Lösungen bei neuen Aufgaben im Zusammenhang mit der Umsetzung von Making. Bei den Kosten für Umbau- und Neubaumassnahmen unterscheiden sich die Schulgemeinden, z. B. konnte S3 Ausstattungselemente im Rahmen eines Schulhausneubaus finanzieren, während S1 für die Umgestaltung eines Werkraums ca. 20.000 CHF aufgewendet hat.

5.1.4 Netzwerke und schulübergreifende Zusammenarbeit

Die schulübergreifenden Netzwerktreffen (abwechselnd online und offline) gewannen erst im Verlauf der Erprobung an Attraktivität. Die Schulen waren unterschiedlich schnell gestartet, was den Austausch von Erfahrungswissen anfangs erschwerte. «Ich finde die Veranstaltungen wenig gewinnbringend, da wenig Austausch stattfindet. Einige sagen gar nichts, da sie [in ihrem Making-Projekt] noch nicht so weit sind» (S2). Zudem nahmen zu Beginn ausschliesslich die Schulleitungen und punktuell Behördenmitglieder teil, wodurch vor allem strukturelle Rahmenbedingungen abgeglichen bzw. persönliche Haltungen kontrovers diskutiert wurden. Nach der Öffnung der Netzwerktreffen für interessierte Lehrpersonen und mit zunehmenden Erfahrungen in der Umsetzung von Making-Aktivitäten wurden die Treffen interessanter. «Was in den anderen Schulen passiert, ist sehr inspirierend» (S3). Die Idee, sich regelmässig zu treffen, um gemeinsam Making-Challenges zu bewältigen, scheiterte an den unterschiedlichen Interessen der Statusgruppen (Behörde, SL und LPs), am Zeitmangel und an den geografischen Bedingungen, einen für alle gut erreichbaren Ort zu finden.

5.1.5 Die Rolle der Pädagogischen Hochschule Thurgau

Einzelne SL schreiben der PHTG eine Verantwortung beim Aufbau einer Making-Kultur an Schulen im Kanton zu. Ein SL fordert, dass Making explizit im Ausbildungscurriculum der PHTG verankert wird, um mittelfristig die Voraussetzung für eine Skalierung zu schaffen. Die Maker-Kultur soll ins Studium gebracht werden (S1). Der SL S2 weist darauf hin, dass PH-Absolvent:innen

«... in Alltagssituationen, die wenig planbar sind (z. B. Elterngespräche, Organisationen von Projekten und deren Umsetzung, schnelles und lösungsorientiertes Handeln, Absprachen im Schulhausteam), [...] zu Unsicherheit [neigen]. Es fehlen Bewältigungsstrategien zum Umgang mit schulischer Komplexität und Heterogenität. Das führt u. a. dazu, dass manche in tradierte Muster zurückfallen, sich pädagogisch wenig (zu)trauen und sich selbst und ihren Schüler:innen wenig Spielraum für die Exploration von Neuem zugestehen.»

Es wird gewünscht, dass Studierende der PHTG öfter in der Praxis vor Ort mitarbeiten, damit sie frühzeitig Making-Erfahrungen für ihr Berufsleben sammeln können.

5.2 Organisationsentwicklung

5.2.1 Bedürfnisse, Visionen und Organisationskultur

Zu Beginn der Making-Erprobung wurde von Schulbehördenvertreter:innen, Schulleitungen und einzelnen Lehrkräften, die bereits offene Unterrichtsformen befürworteten, das Bedürfnis nach einer Bildungsinnovation geäußert. Hingegen war das Innovationsbedürfnis innerhalb der Schulhausteams weniger ausgeprägt. Ein Vertreter der Schulbehörde (S4) beklagte das Fehlen von Impulsen zur Schulentwicklung seitens des Schulhausteams.

Dem SL S1 ist es ein Anliegen, Schule insgesamt attraktiver und sinnhafter zu gestalten und den Interessen und Leidenschaften der Schüler:innen mehr Beachtung schenken. Eine Lehrperson an S1 möchte dem offenen, projektorientierten Lernen Raum geben und Kompetenzen fördern, die in der Zukunft wichtig sind. «Ich frage mich oft, braucht man diese Lehrplankompetenz in 40 Jahren wirklich?» (LP S1). Die SL S3 sieht im Making eine Chance, Unterrichtskultur in Richtung 4K (Kreativität, Kollaboration, Kommunikation und kritisches Denken) weiterzuentwickeln. «Ziel ist ein schönes Schulleben, in dem man erleben und mitwachsen darf» (S3, vgl. auch S4). Sie verbindet mit einem Schulhausneubau die Chance, den Unterricht hin zu mehr Offenheit weiterzuentwickeln und das Mindset zu verändern (S3). Eine LP S3 stellt sich vor, «dass Kinder [mit Making] ihre natürliche Lernfreude behalten». Eine

weitere LP (S3) malt sich aus, dass sich Making so auf den Schulalltag auswirkt, dass «in 10 Jahren in Clustern unterrichtet wird und cursorischer und projektartiger Unterricht sich künftig die Waage halten». Eine LP S1 sieht «Making als Experimentierlabor für jahrgangsdurchmisches Lernen». Der SL S2 ist es wichtig, Chancengleichheit zu erreichen und der heterogenen Schüler:innenklientel möglichst so gerecht zu werden, damit alle Lernenden Angebote und Settings erhalten, in welchen sie auf ihre eigene Weise lernen können. An S5 dagegen löst die Entwicklung in Richtung Making zu Beginn wenig Begeisterung aus. «Wir haben andere Baustellen und jetzt kommt das auch noch ...» (LP S5). Die Schulleitung sieht sich daher in der Rolle des «Facilitator of Change», der bei Lehrpersonen Bedürfnisse wecken muss (S5).

S2 hat eine Vision als Teil einer Gesamtstrategie, die Mission, Ziele und Massnahmen umfasst. Der SL S2 betont, dass alle neuen Entwicklungen zum Leitbild passen müssen und das Kind im Zentrum stehe. Die Making-Erprobung kann somit an bereits bestehende Strukturen anknüpfen:

«Wir sind schon lange als Schule innovativ und haben ein anderes Schulsetting: Kurssystem, Lernumgebungen und pädagogische Teams sind Beispiele für innovative Ansätze, die wir schon länger eingeführt haben» (SL S2).

So sei ein gemeinsames Lernverständnis entstanden, das sich als roter Faden durch die ganze Schule ziehe. Die Sinnhaftigkeit des Making-Ansatzes wird mit dem Leitbild der Schule begründet und die Mitwirkung eingefordert. Eine Einbettung von Making in eine übergeordnete, kantonale Vision liegt zum Befragungszeitpunkt noch nicht vor, was ein SL kritisiert: «Es fehlt in der Verwaltung eine Strategie, die zukunftsorientiert ist und die Making berücksichtigt» (S1).

Making als Bildungsinnovation hängt auch mit einem Wandel im Rollenverständnis von Lehrpersonen zusammen, die Bildung auf Augenhöhe und in Kooperation mit Schüler:innen etablieren und nicht als allwissende Fachpersonen, sondern als experimentierende Lernende und Coaches auftreten. Ein solcher Wandel des Rollenverständnis muss sich in der Organisationskultur manifestieren und kann in «die Grundhaltung in der eigenen Unterrichtspraxis» (S3) einfließen. In diesem Zusammenhang wird betont, wie wichtig es sei, «keinen Druck auszuüben», sondern Freiwilligkeit als oberstes Prinzip zu etablieren und über Formen der Zusammenarbeit, «interne Weiterbildungen und niederschwellige Hilfe» zu inspirieren und zu unterstützen (S2, S3, S1).

5.2.2 Leitung und Stabilität des Kontextes

Zwei SL betrachten die Making-Erprobung als ihr Herzensprojekt, was von Lehrpersonen im Schulumfeld geschätzt wird. Beide SL engagieren sich stark in der Making-Erprobung, indem sie z. B. für das Maker-Team Ausflüge organisieren, gemeinsam

mit dem Team Making-Weiterbildungen besuchen und an der Einrichtung des Maker-Space aktiv mitwirken. Sie schaffen so ein Zusammengehörigkeitsgefühl im Team und konkretisieren die Vorstellungen von pädagogischem Making. Die Führungsstile der Schulleitungen unterscheiden sich. Während SL S4 die Erfahrung gemacht hat, man müsse den Karren ziehen, dann kämen die anderen schon mit, sofern man selbst überzeugt sei, ist SL S1 der Ansicht, intrinsische Motivation müsse nicht nur für Schüler:innen, sondern auch für Pädagog:innen der zentrale Treiber sei und Making könne nicht top down verordnet werden. Auch SL S2 pflegt ein partizipatives Führungsverständnis und gestaltet die Implementierungsprozesse auf iterative Weise. «Mein Ansatz ist, die Betroffenen zu Beteiligten zu machen» (SL S2). Kollaboration und Dialog dienen als Instrumente, um gemeinsame Ziele für die Schulentwicklung abzuleiten und die Stärken aller Beteiligten für die Zielerreichung zu nutzen. Lehrpersonen sollten von sich aus Interesse für Making entwickeln, was durch Hospitationen in anderen MakerSpaces, interne Fortbildungsangebote und eine sensible Kommunikation gefördert werden kann. SL S2 weist auf seine Verantwortung gegenüber dem Personal hin, da Lehrpersonen unter anderem aufgrund von Fachkräftemangel, Veränderungsprozessen in der Bildung und der Covid-Pandemie mehrfach belastet sind: «Es gibt Grenzen, die man als Schulleitung auch berücksichtigen muss. Die Lehrpersonen einzubeziehen ist wichtig, aber gleichzeitig muss ich sie auch schützen». Oder wie ein Maker-Teacher erwähnt: «Das System ist nur gut, wenn man die Leute mitnehmen kann. Das System lebt von Lehrpersonen, die das Making mittragen» (S4).

S4 und S5 hatten im Verlauf der Erprobung einen Schulleitungswechsel. An S4 wurde diese Veränderung als «schwierig und zeitaufwendig» wahrgenommen. Die neue Schulleitung musste sich nebst all den anderen Aufgaben erst in das Thema Making einarbeiten. Deshalb übernahm der Maker-Teacher ad interim die Projektleitung. In der Übergangsphase war zwischenzeitlich die Verbindlichkeit der Mitarbeit in der Making Erprobung im Schulhausteam gesunken und es brauchte Zeit, um die neue Schulleitung in ihre Funktion in der Erprobung einzuweisen (S4). Der Schulleitungswechsel an S5 fand erst nach der Zwischenevaluation statt, weshalb an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen wird.

5.2.3 Kommunikation und Partizipation

Der Begriff Making wird von schulischen Akteur:innen unterschiedlich interpretiert. Einige sehen darin einen vielversprechenden Ansatz zur Verbesserung schulischer Bildungsangebote, um mehr Lernfreude, Selbstbestimmung und Kreativität zu fördern. Andere assoziieren Making hauptsächlich mit digitalen Tools wie 3D-Druckern oder Robotik. Es gibt jedoch auch Ansichten, die Making als Hype wahrnehmen und sich daran stossen, dass der Begriff ein Anglizismus ist (S4). Die Kommunikation

der Idee gegenüber den Schulhausteams erweist sich als Herausforderung. Kurzinformationen im Rahmen bestehender Austauschgefässe eignen sich nur bedingt. Lehrpersonen nehmen Making schnell als etwas Zusätzliches wahr und nicht als eine Möglichkeit, den Unterricht schüler:innenorientierter und offener zu gestalten. Auch nach eigens einberufenen Informationsveranstaltungen signalisieren viele Lehrpersonen ein Bedürfnis nach Klärung und Orientierung. «Je konkreter die Vorstellung, desto mehr Gedanken kann man sich dazu machen, das gibt Sicherheit» (LP S4). Zudem erkennen manche den pädagogischen Mehrwert bezogen auf ihren Berufsauftrag nicht (S4). Als Konsequenz fanden an S4 halbtägige Teamweiterbildungen statt, um Making aktiv zu erleben und Anschlussmöglichkeiten an die Fächer zu entdecken. Auch an S2 wurde mit vergleichbaren Weiterbildungsformaten versucht, den Gegenstand der Bildungsinnovation dem Schulhausteam gegenüber greifbar zu machen.

Die fünf Pilotschulen haben unterschiedliche Partizipationsansätze, -formen und -stufen umgesetzt. An S1 wurde dem Schulhausteam zu Beginn kommuniziert, dass interessierte Lehrpersonen zur Mitarbeit im Maker-Team eingeladen sind und dafür eine finanzielle Entschädigung erhalten. In S4 wurde der Entscheid für Making top down gefällt. Aus Zeitgründen übernahm in der Pandemie die SL S4 einen grossen Teil der Entwicklungsarbeit. Dadurch hatte das Team kaum Möglichkeiten, an der Entwicklung zu partizipieren. An S1, S2 wie auch an S5 haben die Mitglieder des Maker-Teams beim Umbau des MakerSpaces mitgeholfen bzw. diesen grösstenteils selbst umgesetzt.

5.2.4 Organisationale Strukturen und Curriculum

Die Strukturen in den Zyklen 1 und 2 (Zyklus 1: Kindergarten bis 2. Schuljahr der Primarstufe, Zyklus 2: 3. bis 6. Schuljahr der Primarstufe) erwiesen sich als kompatibel mit schulischem Making, da längere Zeitfenster und interdisziplinäre Zugänge aufgrund des Klassenlehrpersonenprinzips einfach umsetzbar sind. Gleichzeitig können Making-Aspekte (z. B. projektorientierter Unterricht, Open-End Challenges, kooperatives Lernen, Überfachlichkeit) leicht in den Regelunterricht einfließen. In der Sekundarstufe sind grössere Herausforderungen bei der Integration von Making erkennbar. TTG, NT und MI¹ werden in der Regel von verschiedenen Fachlehrpersonen unterrichtet, die feste Lehrverpflichtungen in unterschiedlichen Klassen haben, sodass spontanes Teamteaching mitsamt der Zusammenlegung von Lektionen nur mit grossem Aufwand möglich ist (z. B. an S1, teilweise an S2 und S4). S4 hat Making früh flächendeckend und verbindlich eingeführt, jedoch erwiesen sich die vorhandenen Strukturen als starr. Der MakerSpace wird quartalsweise an die

1 Fachbereiche der Schweizer Volksschule: TTG = Technisches und Textiles Gestalten; NT = Natur und Technik; MI = Medien und Informatik.

Sekundarstufe und die Primarschulen vergeben, was insbesondere die Flexibilität der Primarschullehrpersonen einschränkt. An S5 stellt sich das Problem, Schüler:innen von anderen Schulhäusern für wenige Lektionen an den Aussenstandort zu transportieren. Die SL S1 fühlt sich durch die bestehende kantonale Stundentafel eingeschränkt, da gerade bei interdisziplinären Making-Aktivitäten der Schulaufsicht gegenüber nicht garantiert werden kann, dass alle Schüler:innen die vorgeschriebene Anzahl an Fachlektionen pro Jahr durchlaufen. Die Verbindung von Making mit dem Fachunterricht wird zudem erschwert durch Notendruck, eine wenig ausgeprägte Fehlerkultur sowie fehlendes Bewusstsein von Lehrpersonen, wie Making sinnvoll im eigenen Fachunterricht eingesetzt werden kann. Vor diesem Hintergrund wird an S1 zwischenzeitlich diskutiert, ob Making überhaupt in den Regelunterricht überführt werden oder als freiwilliges Angebot institutionalisiert werden soll.

In der Diskussion von strukturellen Rahmenbedingungen wird von den Pilot-schulen immer wieder zwischen freiem Making und making-orientiertem Unterricht unterschieden. Dabei scheint freies Making aus Sicht der Beteiligten vorwiegend im Freifachkontext oder im Rahmen von Projektarbeiten im 3. Jahr der Sekundarstufe umsetzbar, während stärker geführte Formen von Making anschlussfähig an die Lehrplanvorgaben einzelner Fächer sind (S1, S2, S3). Ein Making-Curriculum haben die Pilot-schulen bislang nicht eingeführt, sondern zunächst versucht, das Making in bestehende Lerngefässe einzugliedern oder als separates Angebot (Freifach) zu erproben.

5.3 Personalentwicklung

5.3.1 Motivation

Die Motivation der Maker-Teams und Maker-Teachers ist insgesamt hoch. In S5 war anfangs aufgrund unklarer Rahmenbedingungen (z. B. Erwartungen der SL, Entschädigung) Unzufriedenheit im Maker-Team spürbar, was sich auf das Schulhausteam auswirkte (S5). In den Interviews bezeichnen Lehrpersonen folgende Faktoren als motivationshemmend: Angst vor unbekanntem Themen, unklare Informationen/Kommunikation, eingeschränkte Partizipationsmöglichkeiten, fehlende Kompetenzen, das Korsett von Fächern und Stundentafeln sowie der Druck durch Aufnahmeprüfungen (Gymnasium). Als motivationsfördernd gelten niederschwellige Zugänge, Freiwilligkeit, gute Stimmung im Team und gegenseitige Unterstützung, Sinnhaftigkeit der pädagogischen Arbeit, Anerkennung (von SL, Eltern und Öffentlichkeit) und das Gefühl von Selbstwirksamkeit. Begeisterte Schüler:innen beim Making zu erleben, ist ein weiterer zentraler Motivationsfaktor (S1, S3).

5.3.2 *Haltungen von Lehrpersonen*

Lehrpersonen in den Maker-Teams haben eine Affinität zum Maker Mindset, sind experimentierfreudig und haben einen offenen Unterrichtsstil. In den Schulhausteams fällt der Rollenwechsel hin zum Coach und Mit-Lernenden, der/die Lösungsfindungsprozesse begleitet, die Lösung selbst aber noch nicht kennt, nicht allen leicht. «Man muss auch damit klar kommen, dass man als Lehrperson keine Lösung hat; es hängt mit dem Selbstbild zusammen, wie man damit umgeht» (LP S5). «Man ist nicht mehr der allwissende Guru, sondern das gemeinsame Lernen wird in den Mittelpunkt gestellt» (LP S4). Die Anforderungen an Lehrpersonen wurden während der Making-Erprobung relativiert und der Druck herausgenommen, um den Rollenwechsel zu erleichtern (z. B. S4). Gleichwohl teilten einige Lehrpersonen ihre Making-Projekte und Ideen ungern, weil sie befürchteten, den Anforderungen nicht zu entsprechen. Niederschwellige Unterstützung durch die Maker-Teachers wirkte sich positiv auf die Experimentierfreude der Lehrpersonen aus, da sie zusammen mit ihren Schüler:innen an Making herangeführt und begleitet werden (S3, S4).

Einige Sek-Lehrpersonen betrachten Making als «Gebastel», das zwar kreativ sein könne, aber weder zu befriedigenden Produkten noch zu einem substanziellen Lernzuwachs führe. Sie sehen sich in der Verantwortung, ihren Bildungsauftrag zu erfüllen, und setzen ihre Prioritäten entsprechend: «Für meine G-Schüler ist das ok, aber meine E-Schüler muss ich auf die Gymi-Prüfung vorbereiten ...» (LP S2). Einige haben Schwierigkeiten, in Making-Prototypen die konzeptionellen Ideen und Gedankenleistungen der Schüler:innen zu würdigen. Sie sind daran gewöhnt, Endprodukte nach bestimmten Kriterien zu beurteilen (Fokus: handwerkliche und gestalterische Kompetenzen). Sie befürchten, dass abweichende oder skizzenhafte Artefakte Eltern gegenüber ein falsches Bild ihrer eigenen Kompetenzen vermitteln könnten. Einige ältere Lehrpersonen lehnen die Maker-Idee ab, weil sie negative Erfahrungen mit der Einführung von Sprachlaboren in den 1970er-Jahren gemacht haben, und befürchten, Making könne der nächste kostenintensive Hype sein.

5.3.3 *Kompetenzen der Lehrpersonen und Weiterbildungsbedarfe*

Aufgrund begrenzter Zeitressourcen nutzten Lehrpersonen am liebsten niederschwellige Angebote in der eigenen Schule ohne Anreiseaufwand. Viele schätzten es, bei Fragen auf vertraute Kolleg:innen im Team zugehen zu können (S1, S3 und S4). Mehrere SL machten von der Möglichkeit Gebrauch, Mitarbeitende der Hochschulen für eintägige Weiterbildungen mit dem Schulhausteam einzuladen (S2, S3, S4). «Oft braucht es einen externen Input, damit [die Innovation] auch bei den Lehrpersonen ankommt» (SL S2). Theorielastige Einführungen und Weiterbildungsformate, die auf den Hintergrund der Maker Bewegung oder auf Fragen des Maker Mindsets

eingehen, waren für die Maker-Teams interessant, stiessen aber bei den Schulhausteams auf wenig Interesse. Dort waren praxisorientierte Inputs und Making-Sessions gefragt, die direkt in den Unterricht übertragbar sind. Maker-Technologien (z. B. 3D-Druck, LaserCutter und Physical Computing) und konkrete Einsatzmöglichkeiten im Unterricht weckten das Interesse der Lehrpersonen. Erfolgreich waren auch Workshops, in denen Maker-Teams gemeinsam mit Vertreter:innen der Hochschulen MakerBoards für Making-Aktivitäten bauten (zu Themen wie Physical Computing, E-Textilien, Konstruktionen und Verbindungen, Elektronik, Mechanik).

6. Gelingensfaktoren

6.1 Gelingensfaktoren im Umfeld

Schulbehörden unterstützen das Vorhaben

Die Schulbehörden sollten nicht nur inhaltlich hinter dem Making-Projekt stehen, sondern sich auf ein agiles, partizipatives Projektmanagement einlassen und ausreichend Ressourcen zur Verfügung stellen. Positive Resonanz aus der Bevölkerung kann skeptische Behördenmitglieder überzeugen, was gelungene Öffentlichkeitsarbeit voraussetzt (vgl. Altrichter und Wiesinger 2005, 34).

Akteure im Schulumfeld werden frühzeitig als Partner:innen einbezogen

Stimmbürger:innen und Eltern haben Einfluss auf Schulinnovationen und sollten im Planungs- und Implementierungsprozess gehört werden (vgl. Fullan 2016). Partnerschaften mit lokalen Unternehmen bieten Impulse für die Berufswahl und Fachexpertise im MakerSpace. Zuvor müssen Bedenken und Ängste mancher Lehrpersonen, sich zu exponieren, relativiert werden. Eine Organisationskultur, die auf Solidarität, Wertschätzung und Ermutigung setzt, kann hierzu einen Beitrag leisten.

Schulübergreifende Netzwerke helfen, Ressourcen und Synergien zu nutzen

«For maker-based education to become more than a trend, educators must create and share resources and strategies that help teachers implement high-quality instruction in their makerspaces» (Rouse et al. 2020, 35).

Gegenseitige Hospitationen sind eine niederschwellige Möglichkeit, Ressourcen von anderen kennenzulernen. Workshops über Einzelschulen hinaus inspirieren und unterstützen (vgl. Stevenson et al. 2019, 1271). Mittelfristig ist ein kantonales Netzwerk geplant, um den Austausch unter den Schulen auch über die Projektlaufzeit hinaus zu fördern.

Pädagogische Hochschulen nehmen schulisches Making in ihre Curricula auf
Studierende sollten im Studium Erfahrungen mit Making-Aktivitäten sammeln, um zu verstehen, was es bedeutet, in MakerSpaces zu unterrichten. An Hochschulen wird ein Kulturwandel hin zu mehr Eigenverantwortung der Lernenden, zu interdisziplinärem Lernen und Kreativitätsentwicklung erforderlich sein.

6.2 Stützende Faktoren im Bereich Organisationsentwicklung

Lehrpersonen mit Innovationsbedürfnis inspirieren andere Teammitglieder
Top-Down-Entscheidungen sollten mit den Bedürfnissen der Beteiligten abgestimmt werden. Andernfalls sind sie aufgrund der zu erwartenden Widerstände schwer umsetzbar, zumal die Kontrolle der Lehrpersonen durch die SL kaum leistbar ist («Autonomie-Paritäts-Muster»; vgl. Altrichter und Eder 2004). Zum Start braucht es eine Gruppe motivierter Lehrpersonen. Durch sie lässt sich Peer-to-Peer das «Making-Virus» (SL S1) im Schulhaus verbreiten.

Die Schule pflegt eine positive Fehlerkultur und ermutigt zur Innovation
Insbesondere Schulleitungen und Schulbehörden sind gefordert, eine positive Fehlerkultur zu etablieren. Unsicherheiten und Ängste von Lehrpersonen können durch eine innovationsfreundliche Organisationskultur relativiert werden, die auf Vertrauen, Ermutigung, Wertschätzung und gegenseitiger Unterstützung basiert (vgl. Holtappels 2013, 58; Kreutzer und Semrau 2022, 34).

Eine Strategie schafft Verständnis und Verbindlichkeit für Making
Eine partizipativ entwickelte Strategie hilft, Maker Education im Schulhaus zu verorten und zu begründen (vgl. Korhonen et al. 2023, 228). Dies erhöht die Akzeptanz im Team und unterstützt die Implementierung (vgl. Altrichter und Wiesinger 2004; Holtappels 2013, 57).

Die Schulleitung agiert als Vorbild und bringt sich aktiv ein

Die Schulleitung dient als Vorbild und kann durch aktive Beteiligung andere Lehrpersonen für Making begeistern, Berührungsängste relativieren und Ressourcen zur Verfügung stellen (vgl. Shively et al. 2021, 157; Korhonen et al. 2023, 228). Auch das Maker-Team bzw. der Maker-Teacher sind als «Change Agents» (Holtappels 2019, 286–87) zentrale Bausteine für die Etablierung einer Maker-Kultur im Schulhaus (vgl. Shively et al. 2021, 168).

Die Akteur:innen wissen, was unter Making zu verstehen ist

Die Akteur:innen müssen wissen, auf welche Innovation sie sich einlassen. Je klarer kommuniziert wird, was pädagogisches Making ist, je konkreter die Vorstellungen auf Ebene Unterrichtspraxis sind, desto mehr Sicherheit und Motivation entwickeln Lehrpersonen. Wichtig ist, dass sie die pädagogische Sinnhaftigkeit für sich erkennen.

Der Standort des MakerSpace ist sensibel gewählt

Die geografische Lage eines MakerSpaces ist ein wichtiger Faktor, insbesondere in Schulgemeinden mit mehreren Schulhäusern. Während Lehrpersonen in unmittelbarer Nachbarschaft des MakerSpace öfter und spontan den Raum nutzen können, müssen andere vorher abwägen, ob sich der Besuch lohnt und die Transferzeit in Relation zum erwarteten Nutzen steht (vgl. Gravel und Puckett 2023, 13).

Schulleitungen und Schulbehörden üben zu Beginn keinen Druck aus

Insbesondere bei Top-Down-Entscheidungen ist es wichtig, zu Beginn «keinen Druck auszuüben», sondern Freiwilligkeit als oberstes Prinzip zu etablieren und über Formen der Zusammenarbeit, «interne Weiterbildungen und niederschwellige Hilfe» zu inspirieren und zu unterstützen (S2, S3, S1). Wenn Making für Lehrpersonen obligatorisch ist, müssen sie etwas schwer Greifbares umsetzen. Das Gefühl, sich in viele neue Technologien einarbeiten und eigene Unterrichtsroutinen umstellen zu müssen, löst Unbehagen, Ängste und Widerstände aus.

Making wird nicht als Add-on, sondern als integrative Bereicherung wahrgenommen

Unter den bestehenden Bedingungen (Studentafel, 45-Minutentakt) ist es für die Projektschulen schwierig, Making-Angebote zu entwickeln, die über längere Zeiträume andauern und die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Lehrpersonen fördern und erfordern. Es kann helfen, in bestehenden Strukturen erste Erfahrungen

zu sammeln (Freifach, Projekttag oder -wochen). Allerdings birgt die Etablierung von Making ausschliesslich auf freiwilliger Basis die Gefahr einer «Making-Bubble» (SL S1) und damit einer Trennung von Regelunterricht und explorativem Making. Harron und Hughes (2018, 264) weisen darauf hin, dass eine solche Einbettung die Wahrnehmung der Lehrpersonen von Making als etwas zusätzlichem («Add-on») verstärken wird, was einer Implementierung eher entgegenläuft.

Making-Lernanlässe sind anschlussfähig an Lehrplanvorgaben

Beim Making erworbene Kompetenzen müssen kontextualisiert und verfestigt werden (vgl. Godhe et al. 2019, 322). In der Schule werden Lehrpersonen nicht umhinkommen, Making-Aktivitäten mit den Vorgaben im Lehrplan zu verknüpfen. Inwieweit dies im Rahmen der Making-Erprobung gelingt, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschliessend beurteilt werden. Erst nach dem Ende der Erprobung werden die Praxisaktivitäten evaluiert und wird der Versuch unternommen, rekonstruktiv ein lehrplankompatibles Making-Curriculum zu entwickeln.

6.3 Gelingensfaktoren im Bereich Personalentwicklung

Ein «Growth Mindset» kann Lehrpersonen entlasten

Die mangelnde Bereitschaft von Lehrpersonen zum kollegialen Austausch aus Angst vor Fehlern kann sich nachteilig auf das schulische Making auswirken, da ein schulischer MakerSpace aufgrund der Komplexität der Angebote nur von einer Gemeinschaft, kaum von einer Einzelperson betrieben werden kann. Der Aufbau einer Organisationskultur, die sich am «Growth Mindset» (Vongkulluksn et al. 2021) orientiert, kann mittelfristig Abhilfe schaffen.

Iterative Produktentwicklung rückt in den Fokus von Weiterbildungen

Dass Making-Artefakte von kritischen Lehrpersonen teilweise nicht ernst genommen werden, deutet darauf hin, dass die konstruktionistische Lernauffassung nicht geteilt wird. Weiterbildungsangebote, die das Konzept der iterativen Produktentwicklung in den Fokus rücken (Design Thinking Ansätze), könnten dieses Problem entschärfen. Dabei sollten die Lehrpersonen aktiv als Maker:innen agieren können (vgl. Godhe et al. 2019, 320).

Das Technikinteresse von Lehrpersonen wird als Türöffner zum Mindset genutzt

Auch wenn in der Maker Education nicht Tools, sondern das Empowerment der Lernenden durch deren Nutzung in Verbindung mit einem entsprechenden Mindset im Vordergrund stehen (vgl. Harron und Hughes 2018, 254), können geräte- bzw. technologiebasierte Weiterbildungsangebote Lehrpersonen einen ersten Zugang zur Maker Education eröffnen.

Wissenstransfer erfolgt niederschwellig im Peer-to-Peer Modus

Im Schulhaus werden kompetente Ansprechpartner:innen für Making benötigt. Maker-Teachers oder Maker-Teams benötigen Ressourcen, um Coaching-Aufgaben zu übernehmen (vgl. auch Fernandez et al. 2020). Für kollegialen Austausch sind ausreichend Zeitfenster einzuplanen.

Making-Wissen wird im Schulhaus arbeitsteilig aufgebaut

Zentral ist ein realistischer Erwartungshorizont der SL, nach welchem nicht alle Lehrpersonen alles lernen müssen, sondern sich arbeitsteilig und neigungsorientiert die verschiedenen Facetten der Maker Education aneignen. Dies entspricht dem Verständnis einer «lernenden Organisation» (Senge 2021, 266ff.), in welcher Teams ihr Wissen transferieren, sich bei der Einführung von Neuem gegenseitig unterstützen und dabei «Motivations- und Qualifikationslücken einzelner kollegial ausgleichen» können (vgl. Altrichter und Wiesinger 2004, 225).

7. Fazit und Ausblick

Die Zwischenauswertung der Daten aus der Making Erprobung TG hat gezeigt, dass die Implementierung von Making als ganzheitliche Schulentwicklung im Sinne Rolffs (2019) gelesen werden kann. Schulen, die vor der Entscheidung stehen, Making im Schulalltag zu etablieren, sollten kritisch prüfen, ob die «Schulentwicklungskapazität» (Maag Merki et al. 2022) in den Dimensionen Organisation, Personal und Unterricht ausreicht und inwieweit die Rahmenbedingungen im Umfeld förderlich sind oder angepasst werden müssen. Während sich Räume in der Regel problemlos einrichten und mit Technologie ausstatten lassen, erweist sich die Umsetzung der oben genannten neun Charakteristika der Maker Education (vgl. 1.1) als grosse Herausforderung. Die in der Making Erprobung TG herausgearbeiteten Gelingensfaktoren können interessierten Schulen dabei eine Orientierung geben.

Literatur

- Altrichter, Herbert, und Ferdinand Eder. 2004. «Das ‹Autonomie-Paritätsmuster› als Innovationsbarriere». In *Schulprogramme – Instrumente der Schulentwicklung*, herausgegeben von Heinz Günter Holtappels, 195–221. Weinheim: Juventa.
- Altrichter, Herbert, und Sophie Wiesinger. 2005. «Implementation von Schulinnovationen – aktuelle Hoffnungen und Forschungswissen». *Journal für Schulentwicklung* 9 (4): 28–36. <https://www.stangl-taller.at/paedpsych/INTERNET/ORGANISATIONORD/ALTRICHTER-ORD/IMPLse2PlusLit.pdf>.
- Altrichter, Herbert, und Sophie Wiesinger. 2004. «Der Beitrag der Innovationsforschung im Bildungswesen zum Implementierungsproblem». In *Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden*, herausgegeben von Gabi Reinmann und Heinz Mandl, 220–34. Göttingen: Hogrefe.
- Arnold, Rolf. 2017. *Entlehrt euch! Ausbruch aus dem Vollständigkeitswahn*. Bern: Hep.
- Assaf, Dorit. 2019. «Die Musterlösung liegt nicht bei. Best Practices zur Umsetzung von open-ended Maker-Projekten». In *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 261–77. München: kopaed. https://www.fhsg.ch/fileadmin/Dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/idee/10_Publicationen/Chance-Makerspace-Ingold-Maurer-Trueby-2019-online.pdf.
- Bergold, Jarg, und Stefan Thomas. 2012. «Partizipative Forschungsmethoden: Ein methodischer Ansatz in Bewegung». *Forum Qualitative Sozialforschung* 13 (1): 30. <https://doi.org/10.17169/fqs-13.1.1801>.
- Bettinger, Patrick, Saskia Draheim, und Paul Weinrebe. 2020. «Critical Making? : Praktiken in Makerspaces zwischen Widerständigkeit und Affirmation». *Medienimpulse* 58 (4): 34 Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-20>.
- Bormann, Inka. 2011. «Innovationen als ‹Wissenspassagen›. Theoretische Grundlegung und Implikationen für die Analyse». *DDS – Die Deutsche Schule* 103 (1): 53–64. <https://doi.org/10.25656/01:25686>.
- Bosse, Ingo, Björn Maurer, und Jan Schluchter. 2022. «Inklusives Making in der Schule – Chancen für Empowerment und Partizipation». *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik* 28, (11): 34–41. <https://ojs.szh.ch/zeitschrift/article/view/1048>.
- Boy, Henrike, und Gerda Sieben. 2017. *Kunst & Kabel: Konstruieren. Programmieren. Selbermachen. Bausteine für pädagogisches Making in der Jugendmedienarbeit und Ergebnisse aus dem Praxisforschungsprojekt ‹Fablab mobil›*. München: kopaed.
- Fendt, Helmut. 2008. *Neue Theorie der Schule. Einführung in das Verstehen von Bildungssystemen*. Wiesbaden: VS.
- Fernandez, Cassia, Tatiana Hochgreb-Haegele, und Paulo Blikstein. 2020. «Toward a sustainable model for maker education in public education: Teachers as co-designers in an implementation of educational makerspaces». *Proceedings of FabLearn Conference (FabLearn'20)*: 46–53. New York. <https://doi.org/10.1145/3386201.3386218>.

- Freeman, A., Samantha Adams Becker, und M. Cummins. 2017. *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition*. The New Media Consortium. <https://www.learntechlib.org/p/182003/>.
- Fullan, Michael. 2016. *The new meaning of educational change*. 5th ed. New York, NY: Teachers College Press.
- Gläser, Jochen, und Grit Laudel. 2010. *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. Wiesbaden: VS.
- Godhe, Anna-Lena, Patrik Lilja, und Neil Selwyn. 2019. «Making sense of making: Critical issues in the integration of maker education into schools». *Technology, Pedagogy and Education* 28 (3): 317–28. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1610040>.
- Goldenbaum, Andrea. 2012. «Implementation von Schulinnovationen». In *Innovationen im Bildungswesen. Analytische Zugänge und empirische Befunde*, herausgegeben von Matthias Rürup und Inka Bormann, 149–72. Wiesbaden: VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19701-2>.
- Gräsel, Cornelia, und Ilka Parchmann. 2004. «Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern». *Unterrichtswissenschaft* 32 (3): 196–214. <https://doi.org/10.25656/01:5813>.
- Gravel, Brian E., und Cassidy Puckett. 2023. «What shapes implementation of a school-based makerspace? Teachers as multilevel actors in STEM reforms». *International Journal of STEM Education* 10: 7. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00395-x>.
- Harron, Jason R., und Joan E. Hughes. 2018. «Spacemakers: A Leadership Perspective on Curriculum and the Purpose of K-12 Educational Makerspaces». *Journal of Research on Technology in Education* 50 (3): 253–70. <https://doi.org/10.1080/15391523.2018.1461038>.
- Hatch, Mark. 2013. *The maker manifesto*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Heeg, Rahel, Dorothee Schaffner, und Olivier Steiner. 2020. «Partizipative Forschung, partizipative Aktionsforschung und die Frage nach Qualitätskriterien». In *Partizipative Forschung in der Sozialen Arbeit. Zur Gewährleistung demokratischer Teilhabe an Forschungsprozessen*, herausgegeben von Florian Esser, Clarissa Schär, Stefan Schurr und Wolfgang Schröder, 24–36. Lahnstein: Verlag neue praxis.
- Heredia, Sara C., und Edna Tan. 2021. «Teaching & learning in makerspaces. equipping teachers to become justice-oriented maker-educators». *The Journal of Educational Research* 114 (2): 171–82. <https://doi.org/10.1080/00220671.2020.1860871>.
- Himpsl-Gutermann, Klaus, Wolfgang B. Ruge, Christina Adorjan, Lotte Krisper-Ullyett, Sonja Macher, Elisabeth Lehner, Hermann Morgenbesser, Christian Pollek, David Mühlbacher, Beatrix Stemmer, und Helmut Stemmer Ruge. 2020. «Medienbildung, Making und Schulentwicklung: Theoretische Überlegungen und Erfahrungen zur Implementierung von Maker Labs an Schulen am Beispiel des EduMakerSpace Favoriten». *Medienimpulse* 58 (4): 1–49. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-26>.
- Holtappels, Heinz Günter. 2019. «Transfer in der Schulentwicklung. Ansätze und Gelingensbedingungen aus der Perspektive von Schulentwicklungstheorie und -forschung». *DDS – Die Deutsche Schule* 111 (3): 274–293. <https://doi.org/10.25656/01:20597>.

- Holtappels, Heinz Günter. 2013. «Innovation in Schulen – Theorieansätze und Forschungsbefunde zur Schulentwicklung». In *Innovationen im Bildungswesen. Analytische Zugänge und empirische Befunde*, herausgegeben von Matthias Rürup und Inka Bormann, 45–69. Wiesbaden: VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19701-2>.
- Hulla, Maria, Patrick Herstätter, Harald Burgsteiner, Daniela Moser und Christian Ramsauer. 2021. «Design von Trainings in Lernfabriken und Makerspaces für KMUs in der digitalen Transformation». *didacticum* 2021 (3): 83–101. <https://didacticum.phst.at/index.php/didacticum/article/view/64/>.
- Ingold, Selina, Björn Maurer, und Daniel Trüby. 2019. *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed.
- Ingold, Selina, und Björn Maurer. 2019. «Making in der Schule. Reibungspunkte und Synergieeffekte». In *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 59–87. München: kopaed. https://www.fhsg.ch/fileadmin/Dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/idee/10_Publikationen/Chance-Makerspace-Ingold-Maurer-Trueby-2019-online.pdf.
- Jaatinen, Juha, und Eila Lindfors. 2019. «MakerSpaces for Pedagogical Innovation Processes: How Finnish Comprehensive Schools Create Space for Makers». *Design and Technology Education: An International Journal*. 24.2. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1221415.pdf>.
- Johnston, Kelly, Lisa Kervin, und Peta Wyeth. 2022. «STEM, STEAM and Makerspaces in Early Childhood: A Scoping Review». *Sustainability* 14 (20): 13533. <https://doi.org/10.3390/su142013533>.
- Kafai, Yasmin. 2006. «Constructionism». In *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, herausgegeben von R. Keith Sawyer, 35–47. Cambridge (MA): Cambridge University Press.
- Kleeberger, Julia, und Franziska Schmid. 2019. «Making ist das neue Lernen. Erfindergeist wecken mit digitalen Werkzeugen». In *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 103–18. München: kopaed. https://www.fhsg.ch/fileadmin/Dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/idee/10_Publikationen/Chance-Makerspace-Ingold-Maurer-Trueby-2019-online.pdf.
- Korhonen, Tiina, Kaiju Kangas, und Laura Salo. 2023. *Invention Pedagogy – The Finnish Approach to Maker Education*. New York: Routledge. <https://www.routledge.com/Invention-Pedagogy-The-Finnish-Approach-to-Maker-Education/Korhonen-Kangas-Salo/p/book/9781032251974#>.
- Kreutzer, Sabine, und Falko Semrau. 2022. «Keine Angst vor Innovationen». *Pädagogik*, 11/2022, 31–34.
- Kuckartz, Udo. 2005. *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten*. Wiesbaden: VS.
- Laudonia, Ivano, und Ingo Eilks. 2003. «Lehrerzentrierte vs. Partizipative Aktionsforschung – Praxisorientierte Forschung und Unterrichtsentwicklung in der beruflichen Bildung». *Transfer Forschung <-> Schule, Visible Didactics – Fachdidaktische Forschung trifft Praxis*, 2: 125–32. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

- Maag Merki, Katharina, Lisa Schäfer, Beat Rechsteiner, Andrea Wullschleger, Miriam Compagnoni, und Ariane Rickenbacher. 2022. «Was zeichnet eine hohe Schulentwicklungskapazität aus?» *Pädagogik* 2022 (6): 32–36.
- Martinez Libow, Sylvia, und Gary Stager. 2013. *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom*. Torrance (CA): Constructing Modern Knowledge Press.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2021. *Making im Schulalltag. Konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed.
- Papert, Seymour. 1993. *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. New York: BasicBooks. <https://lcl.media.mit.edu/resources/readings/childrens-machine.pdf>.
- Peppler, Kylie, Erica Halverson, und Yasmin B. Kafai. 2016. «Introduction to this Volume». In *Makeology – Makerspaces as Learning Environments*, Vol. 1, herausgegeben von Kylie Peppler, Erica Halverson, und Yasmin B. Kafai. New York. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315726519>.
- Regalla, Lisa. 2016. «Developing a Maker Mindset». In *Makeology – Makerspaces as Learning Environments*, Vol. 1, herausgegeben von Kylie Peppler, Erica Halverson, und Yasmin B. Kafai. New York. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315726519>.
- Resnick, Mitchel. 2017. *Lifelong Kindergarten. Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. Cambridge (MA): MIT-Press.
- Rolff, Hans-Günter. 2019. *Wandel durch Schulentwicklung*. Weinheim: Beltz.
- Rolff, Hans-Günter. 2007. *Studien zu einer Theorie der Schulentwicklung*. Weinheim: Beltz.
- Rouse, Rob, Katie Krummeck, und Olivia Uribe. 2020. *Making the Most of a Makerspace*. <https://www.nsta.org/science-and-children/science-and-children-february-2020/making-most-makerspace>.
- Schmid, Lukas. 2019. «Menschzentriert – Kollaborativ – Handlungsorientiert. Design-Ansätze für die Primarschule des 21. Jahrhunderts». In *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 19–33. München: kopaed. https://www.fhsg.ch/fileadmin/Dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/idee/10_Publikationen/Chance-Makerspace-Ingold-Maurer-Trueby-2019-online.pdf.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2017. «Von Makerspaces und FabLabs – Das kreative digitale Selbermachen und Gestalten mit 3D-Druck & Co». *Handbuch E-Learning* (Band 70. Erg. Lfg., 1–18. <https://graz.pure.elsevier.com/de/publications/von-makerspaces-und-fablabs-das-kreative-digitale-selbermachen-un>.
- Schön, Sandra, Kristin Narr, Maria Grandl, und Martin Ebner. 2019. «Making mit Kindern und Jugendlichen. Einführung und ausgewählte Perspektiven». In *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 45–59. München: kopaed. https://www.fhsg.ch/fileadmin/Dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/idee/10_Publikationen/Chance-Makerspace-Ingold-Maurer-Trueby-2019-online.pdf.
- Senge, Peter M. 2021. *Die fünfte Disziplin: Kunst und Praxis der lernenden Organisation*. 11th ed. Freiburg: Schäffer-Poeschel.



- Sheffield, Rachel, Rekha Koul, Susan Blackley, und Nicoletta Maynard. 2017. «Makerspace in STEM for girls: A physical space to develop twenty-first-century skills». *Educational Media International* 54 (2): 148–64. <https://doi.org/10.1080/09523987.2017.1362812>.
- Shively, Kate, Krista Stith, und Lisa DaVia Rubenstein. 2021. «Ideation to implementation: A 4-year expiration of innovating education through maker pedagogy». *The Journal of Educational Research* 114 (2): 155–70. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1872472>.
- Stevenson, Michael, Matt Bower, Garry Falloon, Anne Forbes, und Maria Hatzigianni. 2019. «By design: Professional learning ecologies to develop primary school teachers' makerspaces pedagogical capabilities». *British Journal of Educational Technology* 50 (3): 1260–74. <https://doi.org/10.1111/bjet.12743>.
- Stornaiuolo, Amy. 2020. «Authoring Data Stories in a Media Makerspace: Adolescents Developing Critical Data Literacies». *Journal of the Learning Sciences* 29 (1): 81–103. <https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1689365>.
- Tan, Michael. 2018. «When MakerSpaces Meet School: Negotiating Tensions Between Instruction and Construction». *Journal of Science Education and Technology* 28: 75–89. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9749-x>.
- Tyack, David, und William Tobin. 1994. «The 'Grammar' of Schooling: Why Has it Been so Hard to Change?». *American Educational Research Journal* 31 (3): 453–79. <https://doi.org/10.3102/00028312031003453>.
- Valente, José Armando, und Paulo Blikstein. 2019. «Maker Education: Where Is the Knowledge Construction?». *Constructivist Foundations* 14 (3). <https://tltlab.org/wp-content/uploads/2019/10/2019.Valente-Blikstein.Constructivist-Foundations.Maker-Education.pdf>.
- Vongkulluksn, Vanessa W., Ananya M. Matewos, und Gale M. Sinatra. 2021. «Growth mindset development in design-based makerspace: a longitudinal study». *The Journal of Educational Research* 114 (2): 139–54. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1872473>.
- Zakoth, David, und Oliver Mauroner. 2020. «Industry-Specific Makerspaces: Opportunities for Collaboration and Open Innovation». *Management international / International Management / Gestión Internacional* 24 (5): 88–99. <https://doi.org/10.7202/1075482ar>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

BioTinkering – Biologie als faszinierendes Making-Thema in den Naturwissenschaften

Überlegungen zur Konzeption und Durchführung von BioTinkering-Aktivitäten

Florian Furrer¹ , Juanita Schläpfer-Miller² , Bernadette Spieler¹ 
und Manuela Dahinden² 

¹ Pädagogische Hochschule Zürich

² Eidgenössische Technische Universität (ETH) Zürich

Zusammenfassung

BioTinkering als Making-Aktivität in der Biologie begeistert Schüler:innen für die Pflanzenwelt und kann den naturwissenschaftlichen Unterricht durch überfachliche, digitale, prozessbasierte und produktorientierte Projektarbeiten bereichern. Dieser Artikel stellt Making-Aktivitäten im Themenbereich Pflanzenbiologie vor und diskutiert deren Kompetenzorientierung im Rahmen des Schweizerischen Lehrplan 21. Da sich BioTinkering anhand verschiedener Bereiche konstituiert, kann damit eine Vielzahl von Kompetenzen geschult werden. Im Artikel werden zur Vermeidung von Missverständnissen aufgrund der Multidisziplinarität eingangs Begriffsklärungen gegeben. Darauf folgend stellen wir Vorteile und Herausforderungen in Form von drei Thesen vor. Diese beinhalten (1) den Bezug von BioTinkering zum traditionellen naturwissenschaftlichen Unterricht, (2) die Thematisierung der Komplexität und des Zeitbedarfs sowie (3) die Förderung überfachlicher Kompetenzen. Im Anschluss diskutieren wir die Entwicklung und Erprobung von BioTinkering-Aktivitäten durch das CreativeLabZ des Zürich-Basel Plant Science Centers und stellen einen Leitfaden zur Anleitung von BioTinkering-Aktivitäten vor. Die Evaluationsresultate zeigen, dass BioTinkering sowohl für Lehrpersonen als auch für Schüler:innen interessant und kompetenzerweiternd ist.



Biotinkering – Biology as a Topic of Fascination for Making-Activities in Science Education

Abstract

BioTinkering as a biology topic for making activities gets students excited about the world of plants and contributes to science education by including interdisciplinarity, digital tools, process-based and product-oriented project work. This article presents making activities related to plant biology and discusses their relation to competences of the Swiss school curriculum Lehrplan 21. BioTinkering, being constituted from multiple disciplines, can develop and train a plethora of competences. Since the term and practice of BioTinkering is constituted from various subject areas, the used terminology is explained at the beginning of the article to avoid misunderstandings. Additionally, we present advantages and challenges in the form of three theses. These include (1) how BioTinkering relates to traditional science education, (2) addressing complexity and time requirements, and (3) the approach towards the development of cross curricular competencies. Subsequently, we discuss the BioTinkering activities and facilitator guide provided by the CreativeLabZ of the Zurich-Basel Plant Science Center. The evaluation results show that BioTinkering is interesting and enriching for both teachers and pupils.

1. Einleitung

Die Naturwissenschaften (insbesondere Biologie, Chemie, Physik) sind Teil der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik), welche aufgrund ihrer interdisziplinären Ausrichtung im Schweizer Lehrplan 21 im Verbund als NMG (Natur-Mensch-Gesellschaft, Zyklus 1–2) und NT (Natur und Technik, Zyklus 3) unterrichtet werden (D-EDK 2016).

Biologie ist die Wissenschaft vom Leben, das heisst aller Lebewesen, und schliesst per definitionem Menschen, Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen ein. Die Biologie und speziell die Pflanzenwelt vermag auf den ersten Blick als ein aussergewöhnlicher Fokus für schulische Making-Aktivitäten erscheinen. Allerdings sind Problemlöseprozesse auch in der Biologie von grosser Bedeutung und können daher nebst klassischen naturwissenschaftlichen Experimenten, beispielsweise Extraktionen von Duft- oder Farbstoffen, im Schulunterricht in Form offener Projektarbeit gefördert werden (Kremer et al. 2019). Freies Entdecken, offene Lernräume und problembasierte oder projektorientierte Aufgaben mit Pflanzen – und wo sinnvoll der Einbezug digitaler Werkzeuge – sind Gegenstand unserer BioTinkering-Auffassung.

Zur Schaffung einer Basis für ein gemeinsames Verständnis definieren und verorten wir in einem ersten Teil des Artikels zentrale Begriffe. Im weiteren Verlauf formulieren und diskutieren wir drei Thesen, stellen erprobte Angebote vor und geben Einblicke in die Evaluationsresultate. Zum Schluss geben wir einen Ausblick bezüglich der Erkenntnisse und Implikationen für die Weiterentwicklung.

2. Begriffe

2.1 *Making*

Making, teils auch als Maker-Education bezeichnet, ist eng mit den MINT-Disziplinen verbunden, zu welchen die Biologie gehört (Bullock und Sator 2015; Blikstein 2018; Taylor 2016; Hsu, Baldwin, und Ching 2017). Making stellt eine Art des Lernens und Kreierens dar, bei welcher das kreative Erschaffen und Finden von verschiedenen oder sogar neuartigen Problemlösungen besonderes Gewicht erhält und die Lernenden durch das Einbringen eigener Interessen und Stärken motiviert werden (Merz 2019; J.-Y. Kim et al. 2020; Resnick und Silverman 2005). Hierbei zeigt sich der Making-Ansatz als wichtig für die MINT-Bildung, da er Wissenschaft und Technik in sinnvolle und wertschätzende Aktivitäten einbettet (Yanez et al. 2019). Dadurch werden nebst der Erweiterung von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissen im Sinne einer Kompetenz auch die Bereitschaft, die Haltungen und die Einstellungen, sich mit selbstgestellten Fragen auseinanderzusetzen, Antworten zu suchen und diese wiederum zu hinterfragen, geschult (D-EDK 2016). Das aktive Testen und Scheitern ist ebenso Bestandteil, wie mögliche Zweifel und Unsicherheiten aufgrund der Offenheit, die es auszuhalten gilt (Petrich, Wilkinson, und Bevan 2013). Obwohl im bisherigen Diskurs vielerlei Definitionen entstanden sind, bilden oftmals ein freies Entdecken, offene Lernräume und problembasierte oder projektorientierte Aufgaben wichtige Voraussetzungen für Making (Halverson und Sheridan 2014). Hierbei ist der Einbezug praktischer Arbeitsphasen mit starkem Tüftel-Charakter ein markanter Unterschied zum herkömmlichen Unterricht (Kleeberger und Schmid 2019; Bullock und Sator 2015, 76; Dougherty 2012). Zudem beinhaltet der Making-Ansatz Design-Thinking-Methoden und nutzt heute systematisch den Einbezug digitaler Werkzeuge, auch wenn dies kein unumstössliches Kriterium darstellt (Bevan 2017; Bullock und Sator 2015; Mingjie, Yongqi, und Ping 2016). Das pädagogische Grundverständnis dieses Making-Ansatzes hat seinen Ursprung im Konstruktivismus (Papert 1986). Dieser versteht Lernen als eigenaktive Entwicklung eines Verständnisses im Gegensatz zu einer transmissiven «Verabreichung» von Wissen, wodurch der Lerninhalt eine persönliche Bedeutung erhält (Gebhard, Höttecke, und Rehm 2017). Durch dieses Verständnis wird den Lernenden eine grössere Verantwortung für ihr Lernen übergeben

und die Rolle der Lehrperson verändert sich. Sie nimmt verstärkt die Funktion eines Begleiters oder einer Begleiterin im Lernprozess ein (Merz 2019). Der Konstruktivismus erweitert wiederum das Verständnis des Konstruktivismus durch den Fokus auf die Herstellung von für die Lernenden bedeutsamen Produkten und bildet damit die Grundlage des Making-Ansatzes (Papert 1986).

Bezüglich der Themenwahl verfolgen Making-Aktivitäten eine stark interdisziplinäre Ausrichtung (Marshall und Harron 2018) und arbeiten mit ihren Fragestellungen teils an übergeordneten Zielen (Ebner, Schön, und Narr 2016; Bevan 2017; Schön et al. 2019; Lucas und Spencer 2017). Häufig sind diese im Bereich der Nachhaltigen Entwicklung zu finden (vgl. Bullock und Sator 2015). Durch den Making-Ansatz werden jeweils Inhalte thematisiert, welche in diesem Moment zur Bewältigung der Problemstellung als relevant erscheinen, wodurch eher ein Learning-On-Demand an die Stelle des Vorratslernens tritt (Hsu, Baldwin, und Ching 2017; Gershenfeld 2005; Yanez et al. 2019). Die Auseinandersetzung mit realen (Umwelt-)Problemen ist eine Stärke des Making-Ansatzes und kann für die notwendige Sensibilisierung bezüglich Nachhaltigkeitsthemen genutzt werden (Otto und Pensini 2017). Im Fall von BioTinkering können durch die Auseinandersetzung mit Pflanzen, Bezüge zur natürlichen Umwelt geschaffen werden, wodurch die Motivation und der Handlungswille, sich für Nachhaltigkeitsthematiken einzusetzen, gestärkt werden können (Otto und Pensini 2017; Sipos, Battisti, und Grimm 2008).

2.2 *BioTinkering*

BioTinkering ist in der Schnittmenge zwischen Making und dem Naturwissenschaftsbereich mit besonderem Fokus auf die Biologie einzuordnen. So wird beispielsweise Wissen über pflanzenbiologische Mechanismen durch Beobachten, Explorieren, Beschreiben, Untersuchen, Hinterfragen, Nachgestalten und Testen aufgebaut.

In diesem Artikel verfolgen wir ein Verständnis, welches BioTinkering als ein prozessbasiertes (vgl. Abb. 3) sowie produktorientiertes Making (vgl. Definition Konstruktivismus im Kapitel 2.1 Making) versteht, insbesondere als kreativen Problemlöseprozess, welcher durch Themen- und Materialvorgaben eingegrenzt wird. BioTinkering-Aktivitäten sind wie Making-Aktivitäten generell stark interdisziplinär ausgerichtet, wobei vor allem der Hauptthemenbereich beziehungsweise das Erkenntnisinteresse dem biologischen Bereich entstammt. Die hier verwendete Art des BioTinkering ist nicht zu verwechseln mit dem teilweise verwendeten Begriff des BioHackings, wo es beispielsweise darum geht, DNA-Modifikationen zu erproben oder die Fähigkeiten des menschlichen Körpers zu erweitern (vgl. Anderson 2012; Delfanti 2012). Stattdessen werden in den später in diesem Artikel vorgestellten Angeboten wissenschaftliche Fragestellungen mit digitalem Design, informatischen Konzepten und ästhetischer Gestaltung kombiniert.

BioTinkering-Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht ermöglichen eine vertiefende Auseinandersetzung mit natürlichen Prozessen und Materialien. Ein Beispiel für BioTinkering-Lerngelegenheiten ist das Lernen darüber, wie Pflanzen funktionieren und wie sie mit ihrer Umgebung interagieren. Dies geschieht durch die Nachgestaltung von pflanzlichen Bewegungen, Interaktionen, Signalen oder Rhythmen. Durch das aufmerksame Beobachten der vorhandenen Lösungen in der Natur wird ein Aktionsrahmen festgelegt, innerhalb dessen Schüler:innen die Möglichkeit für autonomes Erschaffen mit Materialien und Werkzeugen haben. Die erkannten Funktionsweisen und Prinzipien werden mit den Mitteln des Makings (bspw. 3D-Druck, Lasercutting etc.) nachgebildet und erprobt (siehe Abb. 1). Die Schüler:innen erhalten dadurch die Möglichkeit, sich mit physikalischen Fachinhalten (z. B. mechanischen Kräften, Osmose, Turgor, Lichtreflexion und -absorption, akustischen Resonanzen, elektrischen Schaltkreisen), chemischen Fachinhalten (Duftstoffen, Materialkunde, Energie- und Stoffumwandlungen), sowie biologischen Fachinhalten (Stoffkreisläufen, Fortpflanzung oder Ökosystemen) auseinanderzusetzen, indem sie beobachten, recherchieren sowie Fragen und Hypothesen formulieren. Letztere sind die Grundlage für die Entwicklung und Konstruktion der eigenen Gestaltungs-ideen.

Die praktische Umsetzung kann durch technische Konstruktionen, Programmierung von Mikrocontrollern oder den Bau von Messgeräten und Sensoriken ergänzt werden. Dadurch werden Kompetenzen im Umgang mit Daten und algorithmisches Denken aufgebaut, gefestigt und der Transfer auf naturwissenschaftliche Inhalte geleistet (Resnick und Rusk 2020). Die resultierenden Ergebnisse sind beispielsweise mechanische Pflanzenmodelle, die auf Umweltveränderungen reagieren, Programmierspiele, die Pflanzen-Insekten-Interaktionen simulieren, oder (Umwelt-)Messgeräte.

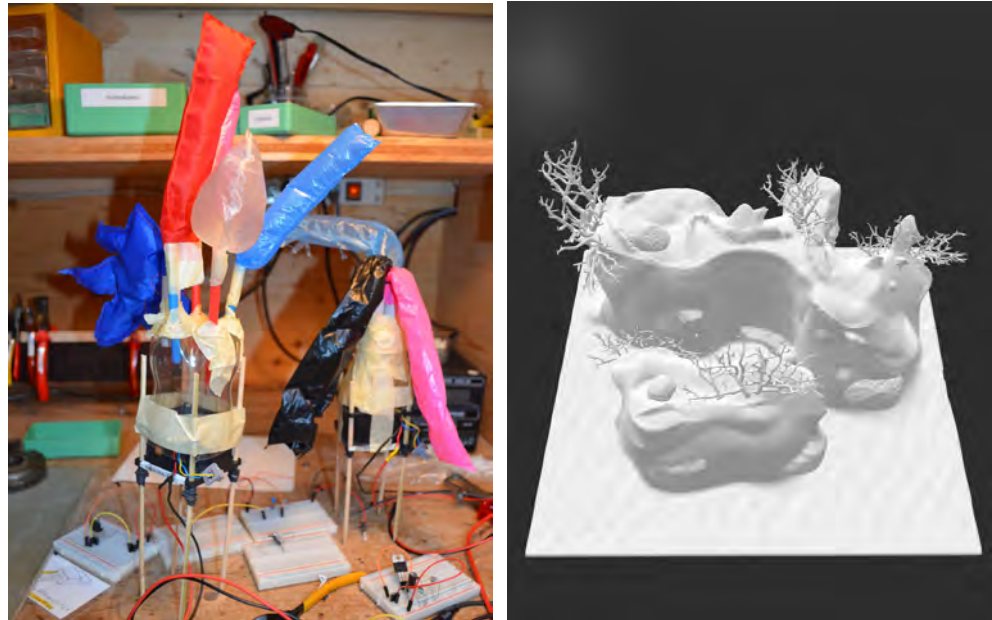


Abb. 1: Beispiele von BioTinkering-Produkten. Modell für den Klappmechanismus einer Mimose mittels elektrischer Schaltung (links), Riffmodell für den Küstenschutz mit Tinkercad konzipiert und 3D-gedruckt (rechts) (Quelle: <https://www.creativelabz.ethz.ch>).

BioTinkering-Aktivitäten bieten ausserdem aufgrund ihres Making-Charakters das Potenzial, an Themen der Nachhaltigen Entwicklung und dem Aufbau von BNE-Kompetenzen wie Vernetztes Denken und Verantwortungsvolles Handeln zu arbeiten (Schön et al. 2019; Rieckmann 2021). Im Zentrum von BioTinkering-Aktivitäten können Themen wie Recycling, Kreislaufwirtschaft, Erhaltung der natürlichen Ressourcen und konkrete Umweltproblemstellungen stehen (Burdiles Araneda et al. 2022). Bei dem Entwurf und der Ausarbeitung eines Making-Produkts werden Zusammenhänge zwischen Form und Funktion, Material und Funktion, sowie Materialität und Verarbeitung untersucht und getestet (siehe Abb. 2). Beispiele sind das ergebnisoffene Entwerfen von Alltagsgegenständen aus pflanzenbasierten Materialien (Stärke, Gelatine) oder das Recycling von Lebensmittelabfällen (Bananen- und Orangenschalen).



Abb. 2: Herstellung von Materialien aus Biokunststoffen aus Stärke (links) sowie Kaffeesatz und Brauereiabfällen (rechts). (Quelle: www.creativelabz.ch).

3. Argumentationen bezüglich des Einsatzes von BioTinkering

Anhand von drei Thesen argumentieren wir nachfolgend über den Mehrwert sowie die Schwierigkeiten des Einsatzes von BioTinkering im naturwissenschaftlichen Unterricht.

These 1: Der etablierte Biologieunterricht macht bereits BioTinkering-Aktivitäten

Die naturwissenschaftlichen Fächer bieten einen reichen Fundus an Problemstellung für den Einsatz und die Schulung des Making-Mindsets und daher auch für BioTinkering-Aktivitäten. Beispiele dafür sind die Fertigung und Erprobung eigener Messapparaturen und Verfahren, beispielsweise im Bereich der Temperatur-, CO₂- oder Feuchtigkeitsmessung. Das Simulieren und Nachbauen von biologischen Strukturen und Prozessen sowie deren Nutzbarmachung für technische Entwicklungen (Themenbereich Bionik), aber auch umfassendere Problemstellungen wie Making als Mittel zur Lösungsfindung im Bereich der Umwelt- und Nachhaltigkeitsthematik. Es drängt sich daher die Frage auf, ob Making den Naturwissenschaftsunterricht tatsächlich ergänzen kann oder ob es lediglich ein neuer Begriff für die bereits bestehende Praxis darstellt (Bullock und Sator 2015).

Das praktische Arbeiten stellt einen wichtigen Bestandteil des Makings wie auch des Naturwissenschaftsunterrichts dar (Bullock und Sator 2015). Diesem Umstand wird im Bereich des Naturwissenschaftsunterrichts in den Schweizer

Bildungsstandards und dem Lehrplan Rechnung getragen (EDK 2011, 13–14; D-EDK 2016, 254). Das naturwissenschaftliche Experimentieren ist hierbei wohl die bekannteste, wenn auch nicht einzige Form des praktischen Arbeitens. Zu beachten gilt es, dass der naturwissenschaftliche Experimentierbegriff nicht generell mit Making gleichgesetzt werden kann. Dies ist insofern missverständlich, da der Begriff des Experimentierens in der Alltagssprache weitläufig und auf den Unterricht bezogen häufig für verschiedene Formen naturwissenschaftlicher Untersuchungen verwendet wird (Kremer et al. 2019). In den Naturwissenschaften beschreibt das Experimentieren im engen Verständnis jedoch einen Prozess, der mittels gezielter Manipulation der Bedingungen und nachvollziehbar gewonnener Daten zu einer Erkenntnisgewinnung aufgrund valider Schlussfolgerungen führt, sodass Hypothesen überprüft werden können (Kremer et al. 2019; Mayer 2007). Das Experimentieren wird deshalb als eine Arbeitsweise verstanden, um Erkenntnisse über einen bestimmten Zusammenhang zu gewinnen (Höttecke und Riess 2015; Stiller et al. 2020). Diese Methode soll erlernt und eingeübt werden und kann für die Arbeit an verschiedenen Inhalten, beispielsweise im Bereich des BioTinkering eingesetzt werden. Als Schlussfolgerung lässt sich daher konstatieren, dass nicht jegliche Form des BioTinkering auch automatisch naturwissenschaftliches Experimentieren bedeutet.

Ein weiterer Unterschied des traditionellen Ansatzes naturwissenschaftlichen Unterrichts zum BioTinkering-Ansatz mit Making-Charakter ist, dass BioTinkering-Aktivitäten analog zu anderen Making-Aktivitäten im Kern stark projektbasiert und entdeckend ausgerichtet sind (vgl. für Making: Blikstein 2018; Hsu, Baldwin, und Ching 2017; Ingold, Maurer, und Trüby 2019; Halverson und Sheridan 2014; Maker Media 2013). Dies soll jedoch nicht suggerieren, dass der traditionelle Naturwissenschaftsunterricht diese Elemente nicht enthält. Selbstverständlich gibt es auch in diesem Unterricht Beispiele für lösungsweg- und ergebnisoffene Aktivitäten. So führt beispielsweise Priemer (2011) eine umfassende Betrachtung der Offenheit von Experimentieraufgaben aus. Darin wird unter anderem auch die Offenheit in Bezug auf die Wahl des Fachinhalts oder die verwendete Strategie erwähnt. Der Unterschied zum Making-Mindset ist die weniger starke Gewichtung dieser Aspekte. Sie stellen insofern keine unumstößlichen Forderungen dar, werden aber in praktischen Arbeitssequenzen obligatorischer Lehrmittel des Öfteren zwecks eines zeiteffizienten und ergebnisorientierten Vorgehens nicht verfolgt. Im Making hingegen sind die Aufgabenstellungen zumeist offener in Bezug auf den Lösungsweg, das Ergebnis sowie den Zeitbedarf und haben zusätzlich die Schulung eines Mindsets beziehungsweise einer bestimmten Herangehensweise an Problemstellungen zum Ziel (Blikstein 2018; Bullock und Sator 2015).

Es lässt sich daher aufgrund der Überschneidungen bei den Vorgehensweisen und Inhalten ein vermeintliches Spannungsfeld zwischen traditionellen Aktivitäten im Naturwissenschaftsunterricht und den vorgeschlagenen Making-Aktivitäten im

BioTinkering-Bereich feststellen (Bevan 2017). BioTinkering soll aber vielmehr als ein Teilbereich des Naturwissenschaftsunterrichts aufgefasst werden, welcher einen starken interdisziplinären Bezug herstellt und die naturwissenschaftliche Vorgehensweise nutzt. Es steht daher nicht in direkter Konkurrenz zu traditionellen Aktivitäten und möchte diese auch nicht ersetzen. BioTinkering ermöglicht stattdessen den Einbezug weiterer Disziplinen wie beispielsweise der Informatik (vgl. Blikstein 2018; Anderson 2012; Dougherty 2012; Mingjie, Yongqi und Ping 2016) oder des Technischen, Textilen und Bildnerischen Gestaltens (Opperman 2016).

Unsere Empfehlung für mehr BioTinkering-Aktivitäten im Naturwissenschaftsunterricht leitet sich auch daraus ab, dass naturwissenschaftliche Konzepte und Prozesse teils komplex, abstrakt und schwer verständlich sind (Gilbert 2008). Aktives Handeln im Verstehensprozess kann ein Mittel für vertieftes Verständnis sein und eigenständiges Lernen durch Erkunden, Erfahren und Machen fördern (Bullock und Sator 2015; Dougherty 2012). BioTinkering bietet für den Unterricht spannende thematische Ergänzungsmöglichkeiten. Anhang A zeigt eine Übersicht über mögliche Themenbereiche.

These 2: BioTinkering-Aktivitäten benötigen viel Zeit und sind komplex, sowohl für Schüler:innen als auch für Lehrpersonen

BioTinkering-Aktivitäten mit Making-Charakter sind in ihrem Kern, aufgrund des Einbezugs verschiedenlicher Disziplinen, offener Methoden sowie der starken Gewichtung praktischer Arbeit komplex und zeitaufwendig in der Umsetzung. Auf den ersten Blick erscheint es, dass viele Voraussetzungen erfüllt und Kompetenzen vorhanden sein müssen, um arbeiten zu können (bspw. technische Fähigkeiten wie Programmierkenntnisse). Dies sollen jedoch keine Argumente dafür sein, derartige Aktivitäten zu unterlassen, denn die Regulierung der Komplexität kann beispielsweise über die Auswahl des Inhalts, der Betrachtungs- und Verständnistiefe dieses Inhalts oder in der Wahl der Arbeitsform geschehen. Dabei sind wir der Meinung, dass nicht jede Phase des Making-Prozesses uneingeschränkte Offenheit zum Ziel hat. Der Grad der Offenheit ist ein wichtiges Element zur Anpassung der BioTinkering-Aktivität an die jeweiligen Bedingungen der Lernenden und die damit einhergehende notwendige Regulierung des kognitiven Anspruchs. Daraus ergibt sich für BioTinkering-Aktivitäten die Notwendigkeit, diese zu moderieren. Den Schüler:innen sollen je nach Alters- und Entwicklungsstufe unterschiedliche Wege angeboten werden, um sich mit der Aufgabe auseinanderzusetzen (vgl. Infokasten 1). Hierbei kann ein Grossteil des Vorgehens selbst bestimmt werden. Unterstützungsmassnahmen versuchen aber in jedem Schritt des Lernprozesses, mittels angepasster Instruktionen eine Lernzielorientierung der Aktivität sicherzustellen. Instruktive Vorgehensweisen sind in diesem Setting, wo für den Lernprozess sinnvoll, ebenfalls angedacht. Der Lernprozess

der Schüler:innen kann zusätzlich durch die Bereitstellung von technischen Anleitungen, verschiedenen Materialien, kreativen Denkanstößen, Alltagsbeispielen und Designprozessen unterstützt werden (Godec et al. 2020). Die Lehrperson agiert während des Prozesses als beratende Person (Schön, Ebner, und Narr 2020).

Abbildung 3 zeigt einen von uns entwickelten Leitfaden zur Anleitung von Bio-Tinkering-Aktivitäten. Der Prozess startet mit der Schaffung von *Inspiration* bei den Lernenden. Unsere bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Aktivitäten mit vollständiger Offenheit nicht geeignet sind, um das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zu unterstützen. Im Gegenzug ist jedoch eine starke Einschränkung der Möglichkeiten durch rezeptartige Arbeitsanleitungen und ein vorgegebenes Produktziel nicht im Interesse einer Making-Aktivität. Für die Erreichung dieses Teilschritts wird daher auf Naturbeobachtungen sowie Demonstrationen und Erklärungen von naturwissenschaftlichen Phänomenen und Mechanismen fokussiert. Dies wird wahlweise mit einem Labor- oder Museumsbesuch kombiniert, um einen Bezug zur Forschungswelt zu schaffen.

Im zweiten Schritt stehen die *Fähigkeiten* im Zentrum. Dazu gehört das Erlernen von handwerklichen, technischen, digitalen sowie kreativen Fähigkeiten als zentraler Baustein der Maker-Education (Boy und Sieben 2017). Erlernte Fähigkeiten wie beispielsweise der Umgang mit einem Lötkolben, das Konzipieren und Aufbauen von Stromkreisen, die Handhabung von 3D-Druckern oder Lasercuttern und das Programmieren von Mikrocontrollern ermöglichen den Lernenden, den anschließenden Gestaltungsprozess möglichst eigenständig zu gestalten. Für das Erlernen der Fähigkeiten muss den Schüler:innen die notwendige Zeit zur Verfügung gestellt werden, und die Sicherheit der Handhabung stellt ein wichtiges Lernziel dar.

Im dritten Schritt wird an der Definition und Umsetzung eines selbst gewählten Themas in Form einer *offenen Projektarbeit* gearbeitet. Die Lernziele dieses Prozessschrittes sind (1) das Formulieren einer eigenen Aufgabenstellung und (2) das technische und kreative Problemlösen durch das Gestalten eines konkreten Produkts oder Modells. Das Zusammenspiel von Arbeitsmethoden aus Naturwissenschaft, Kunst und Design ist hier ein tragendes Element. Während im Dekorativen eine grosse Gestaltungsfreiheit gegeben werden kann, sollte die konzeptionelle Gestaltung den biologisch, physikalisch oder chemisch passenden Mechanismen entsprechen, um der Entstehung nicht-anschlussfähiger Vorstellungen vorzubeugen.

In einem letzten Schritt, der *Reflexion*, werden die erschaffenen Produkte und der Gestaltungsprozess präsentiert. Erfolgserlebnisse werden geteilt und Herausforderungen besprochen. Ebenfalls wird abschliessend sichergestellt, dass die gewonnenen Erkenntnisse dem naturwissenschaftsdidaktisch intendierten Wissensstand entsprechen, beispielsweise durch Vergleiche der Modelle mit der Realität.

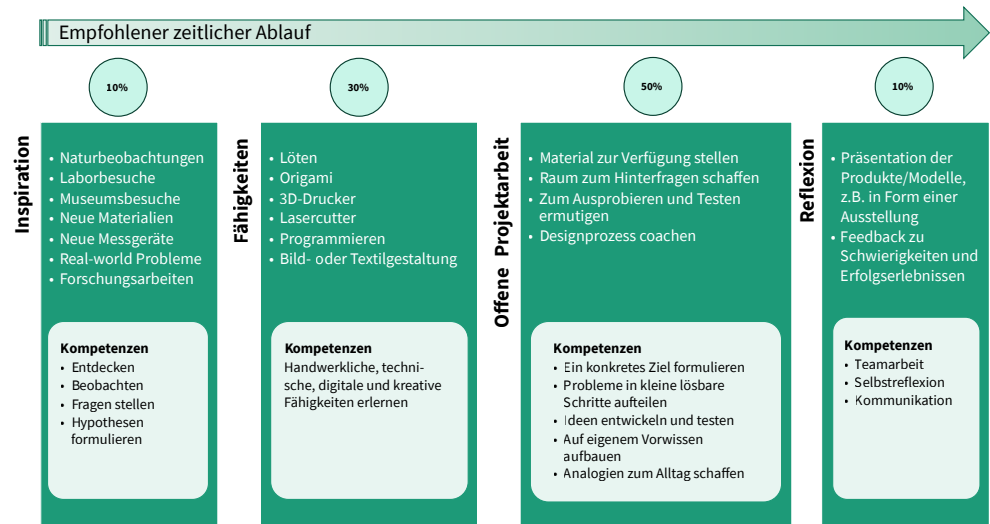


Abb. 3: Leitfaden für das Anleiten von BioTinkering-Aktivitäten (eigene Darstellung).

Dieser Leitfaden lässt folgende Herausforderungen erkennen: Zum einen scheint insbesondere der Teilschritt «Fähigkeiten» von den Lehrpersonen umfassende Kenntnisse bezüglich des Umgangs mit technischen Geräten zu verlangen. Zum anderen suggeriert der Ablauf, dass es sich um einen zeitaufwendigen Prozess handelt.

Bezüglich der Komplexität seitens der Lehrpersonen lässt sich anmerken, dass die meisten Geräte (z. B. 3D-Drucker und Lasercutter) inzwischen äußerst benutzerfreundlich sind und in der Handhabung vereinfacht wurden. Dennoch benötigen diese eine Einarbeitung der Lehrperson, sodass damit gearbeitet werden kann. Ebenfalls benötigt das Beheben auftretender technischer Probleme durch die Lehrperson oder die Schüler:innen Zeit und Geduld. Die hierfür notwendige Schulung muss ermöglicht und die benötigte Zeit eingeräumt werden. Aus der Behebung solcher Probleme können aber wiederum Lern- und Erfolgserlebnisse entstehen, sowohl für Lernende als auch für Lehrpersonen. Insbesondere auf höheren Schulstufen gibt es bereits vereinzelt Jugendliche, welche im privaten Umfeld Expertise mit solchen Geräten aufgebaut haben und unterstützen können. Dies kann daher auch darin resultieren, dass sie der Lehrperson sogar etwas Neues beibringen können. Trotz dieser Anmerkungen bleibt die Komplexität bei Making-Aktivitäten hoch und soll nicht verschleiert werden. Jedoch ist wichtig anzumerken, dass es gerade im technischen Bereich nicht zwingend notwendig ist, dass die Lehrperson in jedem Fall die Wissenshoheit besitzt. Vielmehr kann auch ein Ziel sein, das Mindset zu schulen, dass Lehrpersonen gemeinsam mit den Schüler:innen Lösungen für solche

Probleme im technisch-digitalen Bereich erarbeiten. Die Sicherstellung des Erlernens fachlich korrekten Biologiewissens bleibt aber weiterhin in der Verantwortung der Lehrperson.

Bezüglich des Zeitaufwands stellt sich die Frage, wie in einem bereits stark strazierten Naturwissenschaftscurriculum Zeit für Making-Aktivitäten gefunden werden soll (Bullock und Sator 2015). Obwohl Making-Aktivitäten in ihrer angedachten Form diesen zeitlichen Freiraum gewähren möchten, bietet es sich bei BioTinkering-Aktivitäten an, auch kürzere Einheiten zu ermöglichen, indem beispielsweise durch die genauere Vorgabe des Problems die Offenheit bewusst eingeschränkt wird. Hierbei entfernt sich die BioTinkering-Aktivität jedoch schrittweise von der klassischen offenen Making-Aktivität. Durch die Bereitstellung erprobter Aktivitäten wird zudem der Vorbereitungsaufwand aufseiten der Lehrperson reduziert. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass durch die Offenheit der Aufgaben eine Vielzahl unterschiedlicher Kompetenzen geschult wird, welche unter These 3 genauer erläutert sind.

These 3: BioTinkering-Aktivitäten ermöglichen die Förderung von überfachlichen Kompetenzen

Die Maker-Education basiert auf einem Mindset. Es vermittelt Kindern und Jugendlichen nicht nur Wissen und Fähigkeiten in Bereichen wie Elektronik, digitale Fertigung und Handwerk, sondern ist auch ein wichtiger Baustein zur Unterstützung überfachlicher Kompetenzen (u. a. Becker und Jacobsen 2020; Burdiles Arandeda et al. 2022). Maurer, Mauroux und Möschler (2022) verweisen insbesondere auf persönliche Kompetenzen wie Eigenständigkeit und Improvisation, methodische Kompetenzen wie kreative Denk- und Problemlösefähigkeiten sowie Produktentwicklungskompetenzen. Fachkompetenzen schliessen auch die Anwendung digitaler Werkzeuge, informatischer Kompetenzen und Medienkompetenzen ein.

Im Schweizerischen Lehrplan 21 werden Bereitschaften, Haltungen und Einstellungen als zusätzliche Facetten überfachlichen Kompetenzerwerbs erwähnt (D-EDK 2016, 24). Durch handlungsorientierte BioTinkering-Aktivitäten mit spannenden Problemstellungen lassen sich Relevanz und Motivation dafür schaffen. Insbesondere im Bereich der Pflanzenbiologie ist es dringend notwendig, die Motivation für diese Thematik zu erhöhen. Die wenigsten Jugendlichen können mehr als zehn Pflanzen namentlich nennen, da sie diese nicht wahrnehmen (Burke et al. 2022). Dieses Phänomen wird als «Plant Blindness» bezeichnet (Wandersee und Schussler 1999). Es steht exemplarisch für Untersuchungen, die zeigen, dass das Interesse an wissenschaftlicher Pflanzenkunde in den letzten Jahren abgenommen hat (Gubser et al. 2021). Die Gründe dafür sind vermutlich in der mangelnden wissenschaftlichen und beruflichen Anerkennung sowie der zunehmenden Urbanisierung und

Digitalisierung zu verorten (Jose, Wu, und Kamoun 2019). Der Verlust der Mensch-Natur-Interaktionen führt als Folge dazu, dass die Natur an Wertschätzung verliert und das Bedürfnis für ihre Erhaltung sinkt.

BioTinkering-Aktivitäten, welche die Themenwelt der Pflanzen und deren Bedeutung für die Gesellschaft vermitteln, können eine valable Strategie sein, die notwendigen Voraussetzungen für einen umfassenden Kompetenzerwerb zu schaffen. Davon profitieren letzten Endes auch weitere Kompetenzen im Bereich der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (D-EDK 2016, 30). So wird beispielsweise das kooperative und kritisch-kreative Problemlösen zu einer zentralen Kompetenz für die aktuell junge Generation (Pfiffner, Sterel, und Hassler 2021), um den gesellschaftlichen Herausforderungen wie Klimawandel und Ressourcenknappheit zu begegnen. Dazu gehört auch die Veränderung der notwendigen Kompetenzen in der Arbeits- und Forschungswelt. «Im Zuge der digitalen Entwicklung werden Selbst-, Sozial- und Handlungskompetenzen wie auch kreatives und kritisches Denken immer wichtiger» (economiesuisse und Think Tank W.I.R.E. 2017, 79). Technologische Fortschritte in den Bereichen Informatik und Datenwissenschaften erfordern digitale Kompetenzen (SATW 2021; SBFI 2020).

Um fächerübergreifende und digitale Kompetenzen zu stärken und dadurch die Jugendlichen auf die Anforderungen im Berufsleben vorzubereiten, scheinen in der Bildung neue Unterrichtsformate und Formen der Zusammenarbeit notwendig zu sein (educa 2021). Dabei kann Making, und damit BioTinkering, nicht nur Schüler:innen unterstützen, Probleme selbstständiger zu lösen, sondern auch Lehrpersonen ermutigen, digitale Unterrichtsformen auszuprobieren (Becker und Jacobsen 2020). Der Making-Ansatz kann ein Anstoss sein, das gemeinsame Unterrichtsverständnis weiterzuentwickeln, und stellt dadurch ein Schulentwicklungsthema dar, welches über die Unterrichtsebene hinaus organisationale und personale Aspekte betrifft (An und Pozzi 2018).

Auf die Herausforderungen bezüglich der Messbarkeit dieser Kompetenzentwicklungen wird in Kapitel 5 auf die Evaluation der bestehenden Angebote eingegangen.

4. Beispiele von Angeboten

Die Erkenntnisse aus den beschriebenen Thesen haben in der Konzeption der entwickelten BioTinkering-Angebote Anwendung gefunden. Im Folgenden geben wir einen nicht abschliessenden Überblick über bereits bestehende Angebote im Bereich des BioTinkering in der Schweiz.

4.1 BioTinkering am Zürich-Basel Plant Science Center

Das Zürich-Basel Plant Science Center¹ ist ein Kompetenzzentrum für Pflanzen- und Umweltwissenschaften an der ETH Zürich, Universität Zürich und Universität Basel. Das Zentrum vereint über 50 Forschungsgruppen, unter anderem aus den Bereichen Genetik, Zellbiologie, Ökologie und Erdsystemwissenschaften. Die Wissenschaftler:innen erforschen die Funktionsweise von Pflanzen und Ökosystemen. Um die Relevanz der Pflanzen- und Umweltforschung sichtbar und verständlich zu machen und das Interesse für Pflanzen zu wecken, entwickelt ein interdisziplinäres Team aus Fachpersonen in den Bereichen Biologie, Wissenschaftskommunikation, Kunstvermittlung und Didaktik schulische und außerschulische Bildungsprojekte für Kinder und Jugendliche (8–16 Jahre).

Das CreativeLabZ² – ein Entwicklungs- und Forschungslabor für BioTinkering – wurde 2017 vom Zürich-Basel Plant Science Center gegründet. Die offene Werkstatt (Makerspace) des CreativeLabZ befindet sich in Zürich und ist mit Werkzeugen (LötKolben, Sägen, Bohrmaschinen), Materialien (Pflanzen, Erde, elektronische Bauteile, Holz, Stoffe) und Geräten (3D-Drucker, Lasercutter, Nähmaschinen) ausgestattet. Im Angebot sind Workshops und Projektwochen für Schulklassen, Weiterbildungen für Lehrpersonen und Ferienkurse zu Themen wie: Happy City, Gestalte dein Leben, Rock your Future, Klimawerkstatt, Share & Repair, Materialwunder, Cyberkids. Die Resultate der Werkstattarbeiten sowie Eigen- und Gruppenprojekte werden in Form von Ausstellungen präsentiert (Schläpfer-Miller und Dahinden 2020a). Von 2016 bis 2023 haben 1.000 Kinder und Jugendliche im Alter von 8 bis 16 Jahren an CreativeLabZ-Angeboten teilgenommen. Während der Corona-Pandemie fanden Online-Kurse für 400 Kinder statt.

4.2 Konzeption von BioTinkering-Aktivitäten für den NMG / NT Unterricht

Beim Gestalten von BioTinkering-Aktivitäten empfiehlt die Autorenschaft, verschiedene Arbeitsweisen, Werkzeuge, Geräte, Materialien und Themen aus Naturwissenschaften, Kunst, Design zu kombinieren (siehe auch Marshall und Harron 2018). Der Bezug zu einem aktuellen Forschungs- bzw. Umweltthema macht neugierig und kann dazu beitragen, das Bedürfnis zu wecken, etwas Neues zu verstehen oder etwas Neues zu können (Schläpfer-Miller und Dahinden 2020a, 2020b). Der künstlerische Fokus beim Gestalten weckt Emotionen und Einfühlungsvermögen für das Thema, intensiviert Engagement und gibt Raum für persönliche Ausdrucksmöglichkeiten (Schläpfer-Miller und Dahinden 2020b; Renowden, Beer, und Mata 2022). Design-Methoden, wie beispielsweise Abstraktion – Analogie – Adaption fördern Kreativität und Improvisation. Abstraktion ermöglicht das Loslösen vom konkreten Problem.

1 <https://www.plantsciences.uzh.ch/en.html>.

2 <https://www.creativelabz.ethz.ch>.

Analogie ermöglicht die Übertragung fremder Lösungen auf das eigene Problem und kann Alltagskonzepte und Alltagsfertigkeiten abrufen. Adaption führt zur Anwendung der gefundenen Lösung im eigenen Kontext (Rodier et al. 2021; Junior und Guanabara 2005).

Um BioTinkering-Aktivitäten effektiv in formale Bildungsumgebungen zu integrieren, ist eine durchdachte Einbeziehung der Lehrpläne erforderlich. Cohen et al. (2017) haben diesen Prozess auch als Makification bezeichnet. Lehrplanthemen werden mit charakteristischen Elementen aus der Maker-Education (Konstruktion und Iteration) verknüpft.

Im Rahmen eines vom Schweizerischen Nationalfonds geförderten Agora-Projekts «Biotinkering for Youth»³ und dem Innovationsprojekt «Making im Unterricht»⁴ der Digitalen Initiative der Zürcher Hochschulen (DIZH) wurden BioTinkering-Angebote für Primar-, Sekundar- und Gymnasialstufe (Zyklus 2 und 3) entwickelt. Alle entwickelten Lehrmaterialien und Unterrichtskonzepte für Making werden als Open Educational Resources (OER) zur Verfügung gestellt, um einen vielfältigen Einsatz auch ausserhalb von Bildungsinstitutionen zu erreichen.⁵

Infokasten 1 zeigt ein Beispiel einer solchen BioTinkering-Aktivität zum Thema Pflanzenbewegungen. Erste Erprobungen fanden in der Primar- (Klassenstufe 5 und 6, 155 TN), Sekundar- (Klassenstufe 1B und 2B, 20 TN) und Gymnasialstufe (16 TN) statt. Parallel dazu fanden zwei Weiterbildungsworkshops mit Lehrpersonen der Primar-, Sekundar- und Gymnasialstufe statt (Fächer: TTG, NMG, NT, 30 TN).

3 Projektbeschreibung: <https://data.snf.ch/grants/grant/200184>.

4 Projektbeschreibung: <https://dizh.ch/2022/01/03/making-im-unterricht>.

5 OER-Material: <https://explore-making.ch>, <https://www.creativelabz.ethz.ch>.

Projektarbeiten von Primar- und Sekundarschüler:innen



Inspiration: Die Schüler:innen gehen hinaus in die Natur und beobachten verschiedene Pflanzenbewegungen.

Wissensvermittlung: Obwohl Pflanzen an ihren Wuchsort gebunden sind, bewegen sie sich doch recht stark. Blüten öffnen und schliessen sich im Tagesrhythmus, die Blätter richten sich am Stand der Sonne aus, Samen werden explosionsartig weggeschleudert. Nicht alle Pflanzenbewegungen sind mit dem Auge sichtbar, weil sie sehr langsam stattfinden. Mithilfe einer Kamera können Time Lapse-Beobachtungen über längere Zeiträume durchgeführt werden. Die Art der Bewegung hängt von der Pflanzenart und von der Tageszeit ab. Die Bewegungen werden von physikalischen oder chemischen Reizen ausgelöst, wobei Dauer und Intensität entscheidend sind. Beispiel Lichtsensoren: Mithilfe von Sensoren, die das Licht registrieren, messen Pflanzen die Tageslänge. In jeder Blattspitze und in jedem Ende eines Triebes befinden sich Lichtsensoren. Diese Lichtsensoren registrieren mit hoher Präzision die Dauer des Lichteinfalls sowie die Richtung, aus der die Strahlung kommt. Auch die Intensität des jeweiligen Lichts nehmen sie wahr. Lichtsensoren, die für blaues Licht empfindsam sind, bestimmen, in welchem Winkel sich Blätter ausrichten und in welcher Richtung ein Trieb zum Licht wächst. Lichtsensoren (sog. Phytochrome), die auf rotes Licht reagieren, signalisieren einer Pflanze, dass sie im Schatten wächst, also von einem Konkurrenten bedrängt wird. Dann wird das Sonnenlicht – und damit das Rotlicht – durch die benachbarten Blätter abgeschwächt. Sie filtern die hellroten Anteile heraus, übrig bleibt Dunkelrot. Diese Veränderung löst einen Alarm in der Pflanze aus. In der Pflanze werden alle Ressourcen mobilisiert, um schneller zu wachsen (Galvão und Fankhauser 2015). Neben der Tageslänge registrieren Pflanzen auch Temperaturschwankungen. Um z. B. den richtigen Zeitpunkt zum Blühen zu finden, sind Pflanzen in der Lage, die Tageslänge mithilfe von Lichtsensoren in ihren Blätter zu messen. In der Dunkelheit werden diese Lichtsensoren zu Wärmefühlern (J.-H. Jung et al. 2016).

Fähigkeiten: Die Schüler:innen lernen, einen Mikrocontroller bzw. Raspberry Pi Single Board Computer und einen Servomotor zu programmieren.

Offene Projektarbeit: Die Schüler:innen entwerfen und gestalten Modelle von sich bewegenden Pflanzen oder definieren selbst eine Challenge. Die Pflanzen können aus (Alt-)Papier, gebrauchten Plastikflaschen oder anderen Recycling-Materialien nachgebaut werden. Um Parameter der Bewegung umzusetzen, ist es notwendig, mechanische Lösungen für Drehung oder Beugung zu entwickeln und Sensoren zu programmieren. Den Schüler:innen sollte daher ein Materialset mit Sensoren und Servomotoren zur Verfügung gestellt werden.

Umsetzungsbeispiel für die Primar- und Sekundarstufe (10–14 Jahre, Tagesworkshop, mind. 6 Stunden): Ein Lichtsensor (an einem Mikrocontroller) misst die Lichtstärke, sodass die Pflanze oder Blüte mithilfe eines Servomotors erst dann eine Bewegung ausführt, wenn die Lichtstärke einen Grenzwert über- oder unterschreitet.

Umsetzungsbeispiel für die Gymnasialstufe (16–18 Jahre, Projektwoche): Mithilfe einer Kamera, einem Raspberry Pi und Google Teachable Machine wird ein Time Lapse-Experiment mit selbstgepflanzten Gazania Pflanzen (auch Mittagsgold genannt) geplant und anhand der Blütenöffnung die Tageszeit bestimmt.

Reflexion: Die Schüler:innen präsentieren ihre Modelle, erklären den biologischen Mechanismus und reflektieren, was gut funktioniert hat, wo es Probleme gab und wie sie diese gelöst haben. Sie können den Designprozess mit Fotos und Notizen dokumentieren.

Projektdokumentationen können beim CreativeLabZ angefragt werden.

5. Evaluationsergebnisse der Projektwochen in Schulen

Im Rahmen der Angebote wurden die Schüler:innen im Anschluss an die Erprobung von BioTinkering-Aktivität mit Fragebögen befragt (s. Anhang B für Details zu den Evaluationsrastern). Das Ziel war einschätzen zu können, ob BioTinkering-Aktivitäten die Begeisterung und Motivation für die Pflanzenthematik und einfache Programmierkonzepte steigern. In den Evaluationsresultaten zeigt sich, dass die Schüler:innen davon fasziniert sind, dass sich Pflanzen selbstständig bewegen und bestimmte Reize wahrnehmen können. Durch die BioTinkering-Aktivitäten wurde zusätzliches Pflanzenwissen aufgebaut (bspw. darüber «wie Pflanzen wachsen und warum Blüten sich öffnen und bewegen»). 74 % der befragten Schüler:innen (n = 50) gaben zudem an, dass sie durch die Aktivitäten die Programmierung von Mikrocontrollern erlernt oder vertieft haben. 70 % gaben an, die Techniken des Problemlösens (Ziel setzen, Produkt mehrmals überarbeiten) erlernt zu haben. Positiv hervorgehoben wurde die Möglichkeit, «viel Verschiedenes ausprobieren zu dürfen» und «kreativ zu sein». Zwei der befragten Lehrpersonen (n = 5) gaben an, dass das Scheitern der Versuchsidee aufgrund von Komplexität oder Zeit als frustrierend wahrgenommen wurde.

Zusätzlich wurden die Lehrpersonen dazu befragt, wie sie die Umsetzbarkeit dieser BioTinkering-Aktivitäten im Naturwissenschaftsunterricht einschätzen, wo sie einen Mehrwert in diesen Aktivitäten sowie mögliche Herausforderungen für den Einsatz sehen. Zudem war von Interesse, ob Möglichkeiten für fächerübergreifende Projektarbeit erkannt wurden. Die qualitative Auswertung dieses Stimmungsbildes zeigt, dass alle fünf Lehrpersonen vom Engagement und der Motivation der

Lernenden positiv überrascht waren und diese als sehr aktiv empfanden. Die BioTinkering-Aktivitäten vermochten durch das Einbringen eigener Ideen auch Lernende zu motivieren, welche sonst in diesem Themenbereich von der Lehrperson als demotiviert wahrgenommen wurden. Entsprechend waren die Lehrpersonen auch mit den Endprodukten zufrieden. In Bezug auf die Lerninhalte konstatierten die Lehrpersonen, dass vielfältige Bezüge, sowohl fachintern als auch fächerübergreifend erkannt wurden, beispielsweise durch die praktische Thematisierung physikalischer Prinzipien wie der Hebelwirkung oder eines elektrischen Kurzschlusses am Objekt. Insbesondere wurde geschätzt, dass durch die Aktivität einzelne Themenbereiche, beispielsweise Stoffwechsel und Ökologie, miteinander vernetzt werden konnten. Die Lehrpersonen signalisierten die grundsätzliche Bereitschaft, weitere solche Inhalte im Naturwissenschaftsunterricht einzusetzen. Allerdings wurden diverse Vorbehalte angesprochen. Dazu gehört beispielsweise der attestierte Zeitaufwand, welcher als umfangreich wahrgenommen wird, zum Beispiel durch die Notwendigkeit zur Schulung handwerklicher Fertigkeiten wie dem Aufbau eines Stromkreises oder der Bedienung eines 3D-Druckers oder Lasercutters. Ebenso wurde der Aufwand bezüglich der Materialbeschaffung und Bereitstellung moniert. Als weiterer Kritikpunkt wurde der hohe Anspruch an die Fähigkeiten der Lehrperson thematisiert. Einige Lehrpersonen sehen den Bedarf, gewisse Inhalte wie die zu verwendenden Methoden vorzugeben, da auch nach dieser Einschränkung genügend Offenheit und Gestaltungsspielraum bleibe. Die Aktivität wird zudem dahingehend als herausfordernd empfunden, dass das übliche Betreuungsverhältnis die adäquate Unterstützung der Lernenden erschwert. Nicht zuletzt merkten einige Lehrpersonen an, dass sie sich von der Breite der vermeintlich notwendigen Kompetenzen als überfordert betrachten und entsprechende Weiterbildungsmöglichkeiten wünschenswert wären.

6. Erkenntnisse und Implikationen

Die dargestellte Befragung der Lehrpersonen spiegelt die Argumente aus dem theoretischen Teil wider. Sie zeigt aber auch auf, dass Interesse und Faszination an BioTinkering im naturwissenschaftlichen Schulunterricht besteht, sowohl seitens der Lehrpersonen als auch der Schüler:innen.

Da BioTinkering-Aktivitäten noch weitgehend unbekannt und im aktuellen Lehrplan 21 in der Schweiz nicht direkt vorgesehen sind, wurden die entwickelten Konzepte bisher primär auf den ausserschulischen Lernbereich sowie für Projektwochen ausgerichtet. Wir möchten aber an dieser Stelle ermutigen, solche BioTinkering-Aktivitäten auch in den regulären Schulunterricht auf den unterschiedlichsten Stufen zu integrieren, um bei den Schüler:innen die Faszination für Pflanzen- und Naturthemen zu wecken. Wie oben ausgeführt ist davon auszugehen, dass dies die

damit einhergehende Wahrnehmung der Verantwortung für die ökologische Umwelt stärkt und so der Bildung für Nachhaltige Entwicklung zuträglich ist. Dem Wunsch der befragten Lehrpersonen nachkommend, stellt die Ausarbeitung von kürzeren und materialtechnisch weniger aufwendigen BioTinkering-Aktivitäten eine wichtige Weiterentwicklung dar, an welcher wir aktuell arbeiten.

Literatur

- An, Heejung, und Ellen Pozzi. 2018. «Developing a Makerspace as a Vehicle for Partnership Building: The Role of Teacher Education Programs in Guiding Teachers, Librarians, and Communities». *steam* 3 (2): 1–15. <https://doi.org/10.5642/steam.20180302>. 12.
- Anderson, Chris. 2012. *Makers: The New Industrial Revolution*. New York, NY: Crown Business.
- Becker, Sandra, und Michele Jacobsen. 2020. «Becoming a Maker Teacher: Designing Making Curricula That Promotes Pedagogical Change». *Front. Educ.* 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00083>.
- Bevan, Bronwyn. 2017. «The promise and the promises of Making in science education». *Studies in Science Education* 53 (1): 75–103.
- Blikstein, Paulo. 2018. «Maker Movement in Education: History and Prospects». In *Handbook of Technology Education*, herausgegeben von Marc J. de Vries, 419–37. Springer International Handbooks of Education. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_33.
- Boy, Henrike, und Gerda Sieben. 2017. *Kunst & Kabel: Konstruieren, Programmieren, Selbermachen!* München: kopaed.
- Bullock, Shawn M., und Andrea J. Sator. 2015. «Maker pedagogy and science teacher education». *Journal of the Canadian Association for Curriculum Studies* 13 (1): 60–87. <https://jcacs3.journals.yorku.ca/index.php/jcacs/article/view/40246>.
- Burdiles Araneda, Inés Macarena, Xavier Dominguez, Marion Real, Santiago Fuentemilla, und Anastasia Pistofidou. 2022. «Remix The School Project: Socio-Emotional Learning through Biomaterial making». In *6th FabLearn Europe / MakeEd Conference 2022*, 1–5. New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3535227.3535242>.
- Burke, Rory, Orla L. Sherwood, Stephanie Clune, Rebecca Carroll, Paul F. McCabe, Adam Kane, und Joanna Kacprzyk. 2022. «Botanical boom: A new opportunity to promote the public appreciation of botany». *Plants, people, planet* 4 (4): 326–34. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10257>.
- Cohen, Jonathan, W. Monty Jones, Shaunna Smith, und Brendan Calandra. 2017. «Makification: Towards a Framework for Leveraging the Maker Movement in Formal Education». *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 26 (3): 217–29. <https://www.learn-tech-lib.org/primary/p/174191/>.
- D-EDK. 2016. *Lehrplan 21: Gesamtausgabe*. Vorlage. <https://v-fe.lehrplan.ch>.

- Delfanti, Alessandro. 2012. «Tweaking Genes in your Garage: Biohacking between Activism and Entrepreneurship». In *Activist Media and Biopolitics: Critical Media Interventions in the Age of Biopower*, herausgegeben von Wolfgang Sützl, und Theo Hug, 163–77. Innsbruck: innsbruck university press.
- Dougherty, Dale. 2012. «The Maker Movement». *Innovations: Technology, Governance, Globalization* 7 (3): 11–14. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135.
- Ebner, Martin, Sandra Schön, und Kristin Narr. 2016. *Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen: Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten*. Norderstedt: Books on Demand.
- economiesuisse, und Think Tank W.I.R.E. 2017. «Zukunft digitale Schweiz: Wirtschaft und Gesellschaft weiterdenken». https://www.thewire.ch/data/files/zukunft_digitale_schweiz_w.i.r.e._economiesuisse_2017.pdf.
- EDK. 2011. «Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften: Nationale Bildungsstandards | Frei gegeben von der EDK-Plenarversammlung am 16. Juni 2011». Zugriff am 11. Januar 2023. <https://www.edk.ch/de/themen/harmos/nationale-bildungsziele>.
- educa. 2021. «Digitalisierung in der Bildung: Bericht im Auftrag des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) und der Schweizerischen Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) im Rahmen des Bildungsmonitorings». *Bildungsmonitoring Schweiz*. https://www.educa.ch/sites/default/files/2021-10/Digitalisierung_in_der_Bildung.pdf.
- Exploratorium. 2013. «Learning Dimensions Framework». https://www.exploratorium.edu/sites/default/files/files/learning_dimensions_framework_one_pager.pdf.
- Galvão, Vinicius Costa, und Christian Fankhauser. 2015. «Sensing the Light Environment in Plants: Photoreceptors and Early Signaling Steps». *Current opinion in neurobiology* 34: 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2015.01.013>.
- Gebhard, Ulrich, Dietmar Höttecke, und Markus Rehm. 2017. *Pädagogik der Naturwissenschaften: Ein Studienbuch..* Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9>.
- Gershenfeld, Neil A. 2005. *Fab: the coming revolution on your desktop – from personal computers to personal fabrication*: Basic Books (AZ).
- Gilbert, John K. 2008. «Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education». In *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, herausgegeben von John K. Gilbert, Miriam Reiner, und Mary Nakhleh, 3–24. *Models and modeling in science education v. 3*. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_1.
- Godec, Spela, Uma Patel, Louise Archer, und Emily Dawson. 2020. «Young People’s Tech Identity Performances: Why Materiality Matters». *International journal of STEM education* 7 (1): 51. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00249-w>.
- Gubser, Christine, Daniel Béguin, Stefan Eggenberg, Yves Gonseth, Rolf Krebs, Reto Nyffeler, Monika Schwalm, und Yves Leuzinger. 2021. «Bildung Artenkenntnisse: – eine nationale Strategie». https://www.infospecies.ch/de/assets/content/documents/Strategie_Bildung_Artenkenntnisse.pdf.

- Halverson, Erica Rosenfeld, und Kimberly Sheridan. 2014. «The Maker Movement in Education». *Harvard Educational Review* 84 (4): 495–504. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>.
- Höttecke, Dietmar, und Falk Riess. 2015. «Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik». *ZfDN* 21 (1): 127–39. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>.
- Hsu, Yu-Chang, Sally Baldwin, und Yu-Hui Ching. 2017. «Learning through Making and Maker Education». *TechTrends* 61 (6): 589–94. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0172-6>.
- Ingold, Selina, Björn Maurer, und Daniel Trüby, Hrsg. 2019. *Chance Makerspace: Making trifft auf Schule*. München: kopaed.
- Jose, Sarah B., Chih-Hang Wu, und Sophien Kamoun. 2019. «Overcoming Plant Blindness in Science, Education, and Society». *Plants, people, planet* 1 (3): 169–72. <https://doi.org/10.1002/ppp3.51>.
- Jung, Jae-Hoon, Mirela Domijan, Cornelia Klose, Surojit Biswas, Daphne Ezer, Mingjun Gao, Asif Khan Khattak et al. 2016. «Phytochromes Function as Thermosensors in Arabidopsis». *Science (New York, N.Y.)* 354 (6314): 886–89. <https://doi.org/10.1126/science.aaf6005>.
- Junior, Wilson Kindlein, und Andréa Seadi Guanabara. 2005. «Methodology for product design based on the study of bionics». *Materials & Design* 26 (2): 149–55. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2004.05.009>.
- Kim, Ji-Yun, Hyunsong Chung, Eun Young Jung, Jin-Ok Kim, und Tae-Wuk Lee. 2020. «Development and Application of a Novel Engineering-Based Maker Education Course for Pre-Service Teachers». *Education Sciences* 10 (5): 126. <https://doi.org/10.3390/educsci10050126>.
- Kleeberger, Julia, und Franziska Schmid. 2019. «Making ist das neue Lernen: Erfindergeist wecken mit digitalen Werkzeugen». In *Chance Makerspace: Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer, und Daniel Trüby, 103–18. München: kopaed.
- Kremer, Kerstin, Andrea Möller, Julia Arnold, und Jürgen Mayer. 2019. «Kompetenzförderung beim Experimentieren». In *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis*, herausgegeben von Jorge Gross, Marcus Hamann, Philipp Schmiemann, und Jörg Zabel, 113–28. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_7.
- Lucas, Bill, und Ellen Spencer. 2017. *Teaching Creative Thinking: Developing Learners Who Generate Ideas and Can Think Critically*. Pedagogy for a changing world. La Vergne: Crown House Publishing.
- Maker Media. 2013. «Makerspace Playbook: School Edition». <https://makered.org/wp-content/uploads/2014/09/Makerspace-Playbook-Feb-2013.pdf>.
- Marshall, Jill A., und Jason R. Harron. 2018. «Making Learners: A Framework for Evaluating Making in STEM Education». *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 12 (2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1749>.

- Maurer, Björn, Stefanie Mauroux, und Lorenz Möschler. 2022. «Making im Schulalltag. Leistungsbegutachtung. Making-Kompetenzen – Begutachtungsgegenstände – Kriterien und Instrumente für die Praxis». <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15511.50080>.
- Mayer, Jürgen. 2007. «Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen». In *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*, herausgegeben von Dirk Krüger, und Helmut Vogt, 177–86. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16.
- Merz, Thomas. 2019. «Grosses Potential für Schulen der Zukunft: MakerSpaces ermöglichen und erfordern neue Lernformen und Schulentwicklungen». In *Chance Makerspace: Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer, und Daniel Trüby, 33–44. München: kopaed.
- Mingjie, Tan, Yang Yongqi, und Yu Ping. 2016. «The influence of the maker movement on engineering and technology education». *World Transactions on Engineering and Technology Education* 14 (1): 89–94. [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.14,%20No.1%20\(2016\)/14-Tan-M.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.14,%20No.1%20(2016)/14-Tan-M.pdf).
- Opperman, Amanda. 2016. «Maker Education: The STEAM Playground». *The STEAM Journal* 2 (2): 1–5. <https://doi.org/10.5642/steam.20160202.04>.
- Otto, Siegmund, und Pamela Pensini. 2017. «Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour». *Global Environmental Change* 47: 88–94.
- Papert, Seymour. 1986. «Constructionism: A new opportunity for elementary science education: A Proposal to The National Science Foundation». <https://dailypapert.com/wp-content/uploads/2021/02/Constructionism-NSF-Proposal.pdf>.
- Petrich, Mike, Karen Wilkinson, und Bronwyn Bevan. 2013. «It Looks Like Fun, but Are They Learning?». In *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators*, herausgegeben von Margaret Honey, und David E. Kanter, 50–70. New York, NY, London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Pfiffner, Manfred, Saskia Sterel, und Dominic Hassler. 2021. *4K und digitale Kompetenzen: Chancen und Herausforderungen*. 6 Bände. 4K Kompakt 1: hep. https://hep-verlag.fra1.digitaloceanspaces.com/production/products/3824/4kunddigitalekompetenzen_1a_21.pdf.
- Priemer, Burkhard. 2011. «Was ist das Offene beim offenen Experimentieren?». *ZfDN* 17: 315–37.
- Renowden, Christina, Tanja Beer, und Luis Mata. 2022. «Exploring integrated ArtScience experiences to foster nature connectedness through head, heart and hand». *People and Nature* 4 (2): 519–33. <https://doi.org/10.1002/pan3.10301>.
- Resnick, Mitchel, und Natalie Rusk. 2020. «Coding at a crossroads». *Commun. ACM* 63 (11): 120–27. <https://doi.org/10.1145/3375546>.
- Resnick, Mitchel, und Brian Silverman. 2005. «Some Reflections on Designing Construction Kits for Kids». *Proceedings of Interaction Design and Children Conference*.

- Rieckmann, Marco. 2021. «Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden». *merz – Zeitschrift für Medienpädagogik* 65 (4): 12–19. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.4.7>.
- Rodier, Chantal, Mohamed Galaleldin, Justine Boudreau, Hanan Anis, und Liam Peyton. 2021. «STEAM – Arts Integration Frameworks for Transdisciplinarity». *PCEEA*. <https://doi.org/10.24908/pceea.vi0.14918>.
- SATW. 2021. *Technology Outlook 2021: Deutsche Version*. https://www.satw.ch/fileadmin/Documents/SATW/Focus_topics/Foresight/SATW_Technology_Outlook_2021_DE.pdf.
- SBFI. 2020. *Forschung und Innovation in der Schweiz 2020*. <https://www.sbf.admin.ch/f-ibericht>.
- Schläpfer-Miller, Juanita, und Manuela Dahinden. 2020a. *Ausstellung des CreativeLabZ (2020)*: ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000428640>.
- Schläpfer-Miller, Juanita, und Manuela Dahinden. 2020b. *Creative Camps – Verknüpfung von Kunst- und Wissenschaftsvermittlung*. Unter Mitarbeit von Gianna Brühwiler, Giulia Donati, Christian Ginzler, Oskar Hagen, Sabrina Flütsch, Joyce Kalumba, Mina Karrer, Renate Lerch und Alexandra Rosakis: ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000421727>.
- Schön, Sandra, Isabel Allaert, Luisa Friebe, Guntram Geser, Eva-Maria Hollauf, Veronika Hornung-Prähauser, und Frank Vloet. 2019. *Making Social Innovators: Workshop Design for and with Young Social Innovators from 6 to 16 years (DOIT handbook)*. Salzburg, AT: Salzburg Research. <http://DOIT-Europe.net>.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr. 2020. «Digitales kreatives Gestalten. Hintergrund und methodische Ansätze». https://www.researchgate.net/publication/343153528_Digitales_kreatives_Gestalten_Hintergrund_und_methodische_Ansatze.
- Sipos, Yona, Bryce Battisti, und Kurt Grimm. 2008. «Achieving transformative sustainability learning: engaging head, hands and heart». *International Journal of Sustainability in Higher Education* 9 (1): 68–86. <https://doi.org/10.1108/14676370810842193>.
- Stiller, Cornelia, Tobias Allmers, Annette Habigsberg, Andreas Stockey, und Matthias Wilde. 2020. «Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften: Von der Hypothese zur Theorie». *PraxisForschungLehrer*innenBildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung* 2 (2): 28–39. <https://doi.org/10.4119/PFLB-3302>.
- Taylor, Bart. 2016. «Evaluating the Benefit of the Maker Movement in K-12 STEM Education». *Electronic International Journal of Education, Arts, and Science (EIJEAS)* 2 (Special Issue): 1–22. <http://www.eijeas.com/index.php/EIJEAS/article/view/72>.
- Wandersee, James H., und Elisabeth E. Schussler. 1999. «Preventing Plant Blindness». *The American Biology Teacher* 61 (2): 82–86. <https://doi.org/10.2307/4450624>.
- Yanez, Gabriela Alonso, Kurt Thumlert, Suzanne de Castell, und Jennifer Jenson. 2019. «Pathways to sustainable futures: A <production pedagogy> model for STEM education». *Futures* 108:27–36. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.02.021>.

Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei Franziska Suter (Sekundarlehrperson mit Schwerpunkt Biologie) und Dr. Sylvain Aubry (Pflanzenbiologe an der Universität Zürich) für die tatkräftige Mitarbeit bei der Entwicklung von BioTinkering-Aktivitäten für den NMG- und NT-Unterricht bedanken.

Anhang A

Übersicht geeigneter BioTinkering-Aktivitäten für NMG- und NT-Unterricht (Zusammengestellt aus den Angeboten des Zürich-Basel Plant Science Center und CreativeLabZ, Anleitungen auf <https://www.creativelabz.ethz.ch>)

Lehrplan 21	Phänomen	Challenge
Zyklus 3		
NT 2: Stoffe untersuchen und gewinnen	Biokunststoffe aus pflanzlichen Materialien haben den Vorteil, dass sie biologisch abbaubar sind und werden daher für Verpackungen und Alltagsgegenstände erprobt.	Die SuS stellen Kunst- oder Alltagsobjekte aus selbst hergestellten Biomaterialien her (z. B. Kombucha-Leder, getrocknete Bananenschalen, Biokunststoffe aus Stärke, Gelatine, Brauereiabfälle und Kaffeepulver) und erlernen Methoden der digitalen Fabrikation.
NT 5: Mechanische und elektrische Phänomene untersuchen	Die Mimose reagiert mit einem Zusammenklappen ihrer Blätter auf äussere Reize wie Berührung, Erschütterung, Luftzug oder Lichtveränderungen.	Die SuS bauen den Klappmechanismus der Mimose nach (z. B. mit elektrischen Schaltungen, Programmieren von Mikrocontrollern).
	Für den Transport von Nährstoffen und Wasser aus dem Boden in das obere Blattwerk bedient sich die Pflanze physikalischer Prinzipien: Osmose, Kapillarkräfte und Signalkaskaden.	Die SuS gestalten den Wassertransport in pflanzlichen Leitbahnen nach.

Lehrplan 21	Phänomen	Challenge
NT 6: Sinne und Signale erforschen	Pflanzen reagieren auf Berührungen, Licht, Wärme, Feuchtigkeit. Sie nutzen dafür hoch spezialisierte Detektoren. Pflanzen senden aber auch Signale (chemische, akustische, mechanische, elektrische).	Die SuS messen, wie Pflanzen auf Umweltveränderungen reagieren und visualisieren (gestalten) die Datenanalyse. Beispiel: Elektrische Signale von Pflanzen werden mit Elektroden gemessen. Mit einem MIDI (Musical Instrument Digital Interface) und einer Software, wie Ableton, kann man dann diese Signale in Musik übersetzen.
	Dinoflagellaten sind Einzeller und zeigen Biolumineszenz, wenn sie gestört oder aufgewühlt werden (Meeresleuchten).	Die SuS gestalten dieses Phänomen nach (z. B. mit elektrischen Schaltungen, Programmieren von Mikrocontrollern, Lasercutter).
NT 9: Ökosysteme erkunden	Pflanzen brauchen zum Wachstum Wasser und Licht (aber auch Gravitation und symbiotische Pilze ...).	Die SuS bauen eine Kapsel, in der eine Pflanze auf dem Mond überleben könnte (Space-Farming).
	Mit optischen Geräten und Verfahren kann das Unsichtbare sichtbar gemacht werden.	Die SuS bilden mit Nah- oder Fernaufnahmen (Mikroskop oder Drohne) und Druckverfahren (Monotypie) Elemente eines Ökosystems (Boden, Wiese, Wald) in einer Collage ab.
	Riffe mit ihrer Vielfalt an Pflanzen und Tieren sind ein wichtiges Element für den Küstenschutz.	In einem Wellenkanal testen die SuS selbstkreierte 3D-gedruckte Strand- und Riff-Bausteine und testen, welche Formen und Kombinationen die Wellen am besten brechen. Die Riffelemente werden digital (z. B. in Onshape, Forger) gezeichnet und mit dem 3D-Filament-Drucker (z. B. mittels Ultimaker) gedruckt.

Lehrplan 21	Phänomen	Challenge
Zyklus 2		
NMG 2 Tiere, Pflanzen und Lebensräume erkunden und erhalten	Eine Biene, die auf der Suche nach einer blühenden Pflanze ist, muss sich orientieren können und ihren Weg durch die Landschaft finden.	Die SuS bauen aus Holzklötzchen ein Labyrinth mit Farbsignalen bzw. Blumenmustern. Dann wird ein Thymio-Roboter so programmiert, dass er seinen Weg durch das Labyrinth findet.
	Insekten sehen Pflanzen anders als Menschen.	Die SuS entwerfen eine Fliegenbrille mithilfe eines Lasercutters (mit UV-Filter).
	Insekten haben eine Vielzahl von Mechanismen entwickelt, um Pflanzen (Blüten) zu bestäuben.	Die SuS gestalten Insekten, die mit Solarenergie betrieben werden. Sie überlegen, was es an Organen für die Bestäubung einer Blüte braucht.
	Pflanzen sind sesshaft und haben daher Strategien entwickelt, sich an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen.	Die SuS bauen eine Superhero-Pflanze aus Abfallmaterial. Sie gestalten Organe zur Nahrungsaufnahme, zum Schutz oder zur Vermehrung nach (Dies kann mit programmierbaren Elektromotoren kombiniert werden).
	Pflanzensamen haben verschiedene Oberflächenstrukturen, um zu fliegen.	Die SuS gestalten mit Tinkercad und einem 3D-Drucker einen Samen, der fliegen oder kleben kann.
NMG 4 Phänomene der belebten und unbelebten Natur erforschen und erklären	Das Pflanzenpigment Chlorophyll reagiert stark mit Sonnenlicht. Auf Papier oder Stoff bleicht es aus. Diese Eigenschaft kann man sich kreativ zunutze machen (Fotoentwicklungstechnik Anthotype).	Die SuS stellen aus Spinat eine Chlorophyll-Lösung her und beschichten damit säurefreies Papier. Das Chlorophyll-beschichtete Papier wird partiell mit einer Pflanze abgedeckt und mit Sonnenlicht (oder einer UV-Lampe) belichtet.
NMG 5 Technische Entwicklungen und Umsetzungen erschließen, einschätzen und anwenden	Unsere kognitive Fähigkeit sinkt rapide mit zunehmender CO ₂ -Konzentration im Klassenraum.	SuS bauen eine Luft-Qualitäts-Maschine, die den CO ₂ -Anteil in der Luft des Klassenzimmers misst und ein Signal zum Lüften gibt.

Anhang B

Formate	Aktivitäten	Erhebungsmethoden
Projektwochen in Schulen*	BioTinkering mit Pflanzen in NMG, NT	Strukturierte Interviews mit Lehrpersonen (5 TN, NMG, NT) https://evaluation-app1.let.ethz.ch/TakeSurvey.aspx?SurveyID=88108lm6 Feedback Fragebogen für Schüler:innen (50 TN) https://evaluation-app1.let.ethz.ch/TakeSurvey.aspx?SurveyID=84108770
Schulklassenworkshops (2–4 Stunden) im CreativeLabZ Makerspace	Einführung in Methoden der Digitalen Fabrikation (3D-Druck, Lasercutting)	Kurze verbale Feedbackrunde (96 TN, Sek B/C)
Ferienkurse (1 Woche)	Gestalten von Prototypen, Produkten oder Kunstobjekten	Beobachtungsmatrix, ausgefüllt von Kursleiter:innen (10 TN) Feedback Fragebogen für TN (6 Feedbacks bisher) https://evaluation-app1.let.ethz.ch/TakeSurvey.aspx?SurveyID=84119l70
Freizeitangebote in Tagesschulen (6-mal, jeden Mittwochnachmittag)	Gestalten von Prototypen, Produkten oder Kunstobjekten	Beobachtungsmatrix ausgefüllt von Kursleiter:innen (1 TN) Feedback Fragebogen für TN (6 Feedbacks bisher) https://evaluation-app1.let.ethz.ch/TakeSurvey.aspx?SurveyID=84119l70
Individuelle Besuche im Makerspace	Selbstständiges BioTinkering	Keine Erhebungen
Weiterbildungsworkshops (2–4 Stunden)	Hands-on Experimente, Vorstellen von BioTinkering Lehr- und Lernmaterialien	Notizen von Diskussionsrunden (4 Workshops mit Lehrpersonen aus Primar- und Sekundarstufe (NT, NMG, BG, TTG) und Gymnasium Biologie, 50 TN)

Tab. 1: Übersicht der eingesetzten Evaluationsmethoden.

*Grundlage der Evaluation für dieses Manuskript.

Für die Beurteilung von ausserschulischen BioTinkering-Aktivitäten haben wir eine Beobachtungsmatrix entwickelt, die den Kursleiter:innen ermöglicht, den Kursablauf zu strukturieren und zu reflektieren. Grundlage für die Beobachtungsmatrix ist das «Learning Dimensions Framework» (Exploratorium [San Francisco] 2013). Zusammen mit Dozent:innen des Studiengangs *Bachelor Art Education* an der Zürcher Hochschule der Künste (ZHdK) und den am CreativeLabZ angestellten Sozial- und Jugendarbeiter:innen wurde das Framework angepasst, um die Beurteilung von Design und sozialen Interaktionen zu integrieren. Die Beobachtungsmatrix basiert auf Indikatoren und Erhebungsmethoden für das (1) Level von Engagement, Initiative und Intention; (2) die Struktur des (Lern-)Prozesses, den Aufbau von Sozialen Beziehungen und Teamarbeit; (3) die Qualität des Produkts; und (4) die Entwicklung von Verständnis oder Erfahrungen.

Analyseebenen	Indikatoren	Beschreibungen der Interaktionen von Lernenden	Beispiele von Beobachtungen von Gruppen und Individuen
Prozess und Intention	Zeit mit Aktivität verbringen	Spiel, Vorstellen, Umsetzen, Materialien erkunden	
	Motivation zeigen	Ausprobieren neuer Methoden; Durchhalten trotz Schwierigkeiten	
	Selbstreflexion	Beschreiben und Reflektieren des Herstellungsprozesses	
Soziale Strukturen	Verbindung mit der Arbeit Dritter	Wahrnehmung der Arbeit anderer und Stellungnahme dazu; Innovationen durch das Mischen verschiedener Ideen oder Strategien; Physische Verbindung mit den Arbeiten anderer	
	Anforderung/Hilfsbereitschaft	Von Moderator:innen oder anderen TN	
Produkt	Realisierung der Ideen	Inwiefern ist der Vorschlag abgeschlossen oder hat der Lernende die Idee weiterentwickelt	
	Farbe, Form, Zusammensetzung, Funktion	Möglicherweise sind ein oder zwei dieser Kriterien anwendbar	
	Methodische Kompetenzen	Fähigkeiten, Technik und Materialien beherrschen	

Analyse-ebenen	Indikatoren	Beschreibungen der Interaktionen von Lernenden	Beispiele von Beobachtungen von Gruppen und Individuen
Verstehen und erleben	Erkenntnisse ausdrücken	Zeigt Aufregung bei der Realisierung von etwas	
	Erklärungen anbieten	Erklärungen für eine Strategie, ein Instrument oder ein Ergebnis anbieten	
	Vorkenntnisse anwenden	Verbindung zu Vorkenntnissen, einschliesslich MINT-Konzepten	
	Streben nach Verständnis	Bekundung keine Kenntnisse zu haben, aber dennoch gewillt die Verwirrung zu beseitigen und ein Verständnis aufzubauen	
	Fragen stellen		

Tab. 2: Beobachtungsmatrix zum Beurteilen von BioTinkering-Aktivitäten.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

«Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will» – Funktionslogiken gestaltend auf die Spur kommen

**Praxisbericht aus einem interdisziplinären FabLab-Workshop für
Grundschüler:innen**

Elisa Dittbrenner¹  und Linya Coers² 

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

² Universität Bremen

Zusammenfassung

Die Vereinbarkeit mit und Anschlussfähigkeit von lern- und bildungsorientierten FabLab-Aktivitäten an schulisches Lernen, z. B. auf curricularer und fachdidaktischer Ebene, stellen derzeit sowohl eine konzeptionelle Herausforderung als auch Forschungslücke dar. Um den Möglichkeitsraum zwischen Grundschule und FabLabs zu erkunden, wurde 2021/22 eine mehrteilige Bildungsmodul-Reihe für Grundschulen im FabLab konzipiert und umgesetzt, aus der der Workshop «Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will» (2022) vorgestellt wird. Der Praxisbericht geht sowohl auf die Entwicklung, Fundierung und Verortung als auch auf die praktischen Erfahrungen, Effekte und Anschlüsse des Workshops ein. Die gestalterische Auseinandersetzung mit Funktionslogiken von Grundschüler:innen in FabLabs, die hier inhaltlich verfolgt und umgesetzt wurde, steht dabei exemplarisch für eine explorative Auseinandersetzung mit möglichen Bildungsformaten in FabLabs als vermittelnder Ansatz ästhetischer und technischer Literalität. Als Brücke zwischen ästhetischem und sachunterrichtlichem, aber auch schulischem und making-orientiertem Lernen zeigt sich die Dekonstruktion und Weitergestaltung von Gebrauchsgegenständen, in denen sowohl Eigenlogiken (digitaler) Produktion als auch Gebrauch als Form der Gestaltung in ihrer Verwicklung thematisiert werden können.

«When the Fork Is No Longer Forking» – Explorations of Functional Logics. Practice Report of an Interdisciplinary Workshop for Elementary School Students in Fablabs

Abstract

Compatibility and connectivity between educational making activities in fablabs and school education are still lacking research and conceptual ideas (e.g. as a curricular or didactic question). To explore the possibilities between elementary school and fablabs, an educational workshop series for children has been conducted from 2021–2022 in a club operated fablab. This paper presents one workshop of this series titled «When the fork is no longer forking» (2022). It addresses the workshop’s development as well as practical insight and effects. It also discusses the foundation and localization within elementary school education. The creative engagement with functional logics in fablabs can be understood as an example for the exploration of possible educational formats that merge aesthetic and technical literacy. The deconstruction and creative evolution of everyday design objects exposes logics of production and use. This approach establishes a connection between aesthetic and technical perspectives on making and examines the compatibility of maker practices and school education.

1. Grundschulen im FabLab?¹

«Alle Bildungssektoren haben Gefallen an Making und Makerspaces gewonnen» (Schön und Ebner 2020, 33) kommentieren Schön und Ebner die sich um Making und Makerspaces, FabLabs und offene Werkstätten ausbauende Bildungslandschaft. Dass Schulen sowohl eigene FabLabs aufbauen als auch FabLabs als neue Lernorte wahrnehmen, ist eine sich seit zehn Jahren ausbreitende Entwicklung, die dem Leitspruch «Making ist das neue Lernen» (Kleeberger und Schmid 2019, 103) folgt. Wenngleich der Entwicklung, FabLabs und Makerspaces als Lernwelten zu begreifen und im Rahmen von pädagogischem Making an und mit Schulen zu forcieren, ein enormes Potenzial zugesprochen wird (vgl. z. B. Sharples et al. 2013; Demmler und Schorb 2019), sind derzeit noch eine Reihe von offenen Fragen und Forschungslücken auszumachen: Nicht nur sind die zugesprochenen Potenziale wie z. B. die Übertragbarkeit der in FabLabs erlernten Fehlerkultur oder die Möglichkeiten zur Förderung der 4Ks (vgl. Siewert 2021) noch empirisch nachzuweisen (vgl. Heinzel und Seidl 2020, 17). Auch die Unterscheidung verschiedener Zielgruppen wie Grund- und

1 FabLabs (von «fabrication laboratory») werden, zusammen z. B. mit offenen Werkstätten oder Kreativräumen, oftmals unter dem Überbegriff «Makerspace» erfasst (vgl. Heinzel und Seidl 2020). Maker:innen-Aktivitäten, die in Makerspaces wie einem FabLab stattfinden, folgen dem «Do-it-yourself»-Motto, bei denen also jeder «selbst aktiv wird und ein Produkt, ggf. auch digital, entwickelt, adaptiert, gestaltet und produziert und dabei (auch) digitale Technologien zum Einsatz kommen» (Schön und Ebner 2017, 257).

Sekundarschüler:innen oder aber die Anschlussfähigkeit von FabLabs an Schule auf der Ebene curricularer Ziele sind weitgehend unbeforscht. Noch offensichtlicher als im Bereich der weiterführenden Schule klafft im Bereich der Grundschulbildung eine Lücke an Studien und Konzepten für eine bildungsorientierte und schul-kompatible Arbeit in und mit FabLabs – gerade in Bezug auf solche, die über den MINT-Bereich und die Fokussierung auf das Programmieren hinausgehen. Für die Lernbereiche des Sachunterrichts und der Ästhetik in der Grundschule sind bspw. nahezu keine spezialisierten Konzepte für und in FabLabs auszumachen. Auch wissenschaftliche Begleitungen und Studien über und mit Grundschüler:innen in FabLabs haben im deutschsprachigen Raum noch nicht stattgefunden. Man kann daher weniger von einer einzigen Forschungslücke sprechen, die sich im Schnittfeld Grundschule und FabLabs zeigt. Vielmehr können Grundschulen in FabLabs als ein Stück unerforschtes und auf der Ebene von Angebotskonzeptionen als unbearbeitetes Terrain beschrieben werden, zu dem erste explorative Kartierungen vorgenommen werden können. Der folgende Ansatz, Anschlüsse zwischen Grundschule und FabLabs zu erkunden und durch ein gezieltes Bildungsangebot herzustellen, hat daher weniger lückenschliessenden denn explorativen Charakter.

2. Hintergrund

Das in Folge vorzustellende Bildungsmodul «Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will» ist Teil des zweiten Zyklus einer dreiteiligen Design-based-Research²-Studie im Rahmen eines drittmittelfinanzierten Verbundprojekts.³ Ziel des DBR-Projekts war es, Möglichkeitsräume zwischen FabLabs und Schulen zu erschliessen und sich damit der Frage des Bildungspotenzials von FabLabs zu nähern. Die hier relevante Teilprojektstudie widmete sich insbesondere der Entstehung und Begleitung von

2 «Design-based research, which blends empirical educational research with the theory-driven design of learning environments, is an important methodology for understanding how, when, and why educational innovations work in practice» (Design-Based Research Collective 2003, 5). In diesem Sinne wird in Form von praktischen Interventionen – sei es die Prozessgestaltung eines Klassenrats oder aber eine materielle Veränderung eines Klassenraums – nicht nur die Veränderung (und Verbesserung) eines Kontexts angestrebt, sondern auch das Ableiten von Erkenntnissen über das zu gestaltende Phänomen und dessen Eingebundenheit in seine lokalen und praktischen Bezüge (vgl. z. B. Reinmann und Sesink 2014). Dabei werden nicht nur neue Theorien über bspw. die didaktischen Praktiken von FabLabs entwickelt, sondern auch empirisch fundierte Aussagen über das Verhältnis von Problem (Fragen und Herausforderungen der Praxis) und Lösungen (Designs) in Form von «Designprinzipien» (vgl. Euler 2014) getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass Designprinzipien in ihrer Kontextabhängigkeit nicht durch einmalige Erhebungen entwickelt werden können, sodass jeder DBR-Prozess mindestens drei aufeinanderfolgende Zyklen aufweist, in denen Gestaltungsannahmen und -entscheidungen revidiert, angepasst und fokussiert werden können.

3 FaBuLoUS (FabLabs als Bildungs- und Lernorte zur Unterstützung von Schulen) ist ein BMBF-gefördertes Verbundprojekt (Laufzeit 2020-2023) des Förderbereichs «Forschung zur Gestaltung von Bildungsprozessen unter den Bedingungen des digitalen Wandels». Das diesem Artikel zugrunde liegende Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JD1902A/B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Gestaltungsprozessen in digital geprägten Umgebungen. Auf Forschungsebene stand im Vordergrund zu erheben, in welcher Weise sich verschiedene Gestaltungsprozesse und -praktiken bei Grundschüler:innen in FabLabs ausbilden, forciert oder marginalisiert werden.⁴ Auf praktischer Ebene bestand das Interesse darin herauszufinden, welche Form der Begleitung (personell, strukturell, materiell, prozessual) die je spezifischen gestalterischen Auseinandersetzungen im FabLab benötigen, um im Sinne einer transaktionalen Bildung (vgl. Allert und Asmussen 2017, 35) Momente der «produktiven Verwicklung» (ebd., 27) und Auseinandersetzung mit Unbestimmtheit zu fördern (ebd.).

Das iterative Konzeptionieren und Durchführen von Bildungsmodulen basierte dabei auf der Formulierung und Weiterentwicklung von Designprinzipien.⁵ Innerhalb dieser werden theoretisch und empirisch fundierte Annahmen über das Verhältnis von Intervention und sich realisierender Effekte im Feld untersucht, reflektiert und weiterentwickelt. Diese dienen u. a. als Anhaltspunkte zur praktischen Gestaltung zukünftiger Kooperationen und Bildungsmodule. In diesem Sinne soll das o. g. Bildungsmodul anhand der strukturierenden Designprinzipien (4.), die aus dem ersten Zyklus hervorgegangen sind (3.2), zunächst beschrieben werden. Daran schließt eine Reflexion der Erfahrungen mit dem Bildungsmodul an (5.). Dabei werden die gesammelten Wahrnehmungen und Erkenntnisse aus interdisziplinärer Perspektive beleuchtet und für Anchlüsse im ästhetischen und sachunterrichtlichen Lernbereich diskutiert (6.).

3. Gestaltungsprozesse im Spannungsfeld ästhetischer und technischer Literalität

3.1 Gestalten – wo und wie?

Wie Lange et al. (2020), Baier et al. (2016) oder Meissner (2020) ausführen, sind FabLabs und Makerspaces «Projektionsflächen für verschiedene Konzepte, Arbeitsformen und Zielvorstellungen» (Heinzel und Seidl 2020, 9) sowie Teil verschiedener Governance- (vgl. Lange et al. 2020) und Praxisformen (vgl. Meissner 2020, 6). Diese diversen Zugänge bringen zugleich immer auch unterschiedliche Auslegungen davon mit, als was «Gestalten» vor dem Hintergrund digitaler Produktionsmöglichkeiten

4 Diese Teilstudie fragt nach Gestaltungspraktiken in FabLabs in Perspektive auf Bildung als Verpflichtung zur Nicht-Hierarchisierung von Einzelpraxen (vgl. Benner 2015).

5 «In design-oriented fields, design knowledge is often characterized by common examples, patterns, and principles, and by the expertise required to apply these generalities in specific settings.» (Design-Based Research Collective 2003, 8).

verstanden wird: Gestalten⁶ tritt im Diskurs u. a. auf als Critical Making, Design Thinking, Tüfteln, Werken 2.0, ästhetisches Ausgestalten, Computational Thinking, Bricolage oder Hacking. Aus bildungsorientierter Perspektive werden diese diversen Zugänge als äusserst relevant dafür angenommen, an welche Form von Literalität (vgl. Meissner 2022, 292) FabLabs anschlussfähig werden.

Die Frage, wie Kinder zu welchen Gestalter:innen werden und was das für die Strukturierung von Bildungsformaten heisst, ist im deutschsprachigen Raum auf unterschiedliche Diskursstränge verteilt,⁷ die ebenso unterschiedliche Denktraditionen und Weltzugänge offenbaren: Blickt man auf den Bereich der Primarbildung, spielt die Förderung von Gestaltungsprozessen (im Sinne eines transformativ ausgerichteten Zugangs zur Lebenswelt) vor allem im Sachunterricht und dem ästhetischen Lernbereich⁸ eine grosse Rolle. Im Sachunterricht werden Gestaltungsprozesse u. a. als Teil technischer Literalität (vgl. Landwehr et al. 2021) verstanden. In diesem Sinne ist nicht nur das Verstehen der technischen/technisierten Lebenswelt von Kindern und das kompetente Nutzen der Technik darin Teil didaktischer Überlegungen. Auch der «Prozess des Hervorbringens von Technik» (Graube 2018, 23), Technik bewerten, evaluieren sowie technische Konzepte und Prozesse nutzen (vgl. Landwehr et al. 2021) wird durch das Einführen in und Anwenden von problemlösendem Denken – z. B. Konstruieren von Brücken oder Erfinden von Fahrzeugen – gefördert. So sollen handelnd «Einsichten in technische Funktions-, Wirkungs- und Vorgehensweisen [ermöglicht], ebenso wie Erkenntnisse grundlegender Gesetzmässigkeiten und Zusammenhänge [...] sowie Wirkung und Folgen von Technik» (Mammes, Zoll, und Dölle 2022, 159) thematisierbar werden.

Im Gegensatz zu diesen planvoll-logisch aufgebauten Gestaltungsprozessen mit dem Ziel einer Problemlösung werden im ästhetischen Lernbereich stärker improvisierende und auf ästhetischen Erfahrungen (vgl. z. B. Zirfas 2018) aufbauende Gestaltungsprozesse mit starker Vollzugsorientierung (vgl. Seel 1996) gefördert. «Ästhetische Welterschliessung öffnet sich damit dem, was einer exklusiv operierenden begrifflich-rationalen Zugriffsweise verschlossen bleibt» (Badura 2011, 6). Der ästhetische Umgang mit Fragen der Technisierung, Modellierung, Algorithmisierung oder Automatisierung wird derzeit als Teil «Ästhetischer Vermittlung 2.0» diskutiert, die bei «konkreter epistemologischer und technologischer Um-Bildung und Konstruktion» (Leeker 2018, 10) ansetzt und Praktiken einer next art education (vgl.

6 «Unter Gestaltung verstehe ich einen Vorgang, der auf dem Vermögen beruht, Routinen zu verändern.» (Petruschat 2019, 229).

7 Im englischsprachigen Raum wird die Förderung gestalterischen Handelns i. d. R. im Diskursraum der «design education» (vgl. z. B. Baynes und Norman 2013) verhandelt, in die sowohl Perspektiven des Engineerings, des Co-Designs und der sozialen Teilhabe an gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen als auch Design als ästhetische Praxis eingehen.

8 Verortet derzeit in Kunst, Sport, Musik und Darstellendem Spiel mit Fokus auf die Sensibilisierung, Differenzierung und das Experimentieren mit Wahrnehmungen und Zeichensystemen (vgl. Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen 2001).

Meyer 2017) in Form von Displacements (vgl. Kraus 2013), des «Schmuggelns, Weg-/Neu-Sehens sowie des Verlernens/Neu-Lernens» (Lecker 2018, 23) oder der Zauderei (vgl. Vogl 2008) nahelegt. So sollen u. a. digitale Logiken erfahrbar und spürbar und damit als Gestaltetes und Veränderbares detektiert (vgl. Badura 2011, 8) sowie als solches lesbar gemacht werden: «Ästhetische Literalität heisst, die gestaltete Umwelt als solche lesen zu können» (Stiftung Sommerakademie im Zentrum Paul Klee 2016, o. S.).

Wo zwischen den diversen Praktiken von FabLabs und den unterschiedlichen Literaritäten in der Praxis Synergien entstehen und welche Formen von Gestaltungsprozessen und -praktiken sich dann bei Kindern tatsächlich ausbilden können, wird als wesentlich dafür eingeschätzt, ob und in welcher Weise die z. B. von der KMK (vgl. McGilchrist 2017) oder Horizon Report (Adams et al. 2018) skizzierten Subjektfiguren von Maker*innen oder Gesellschaftsgestalter*innen möglich und mit Leben gefüllt werden können.

3.2 «Das hat gut funktioniert!» – Ausgangsbeobachtungen

Im ersten Zyklus realisierten sich bei den Beteiligten vornehmlich Gestaltungsprozesse, die zwar auf einer Produktebene durchaus in den Bereich von «Kunst» fallen würden, aber auf Prozessebene vornehmlich funktionalistische Logiken offenbarten: Im Fokus des ersten Zyklus der Studie stand die Beschäftigung mit Baukastensystemen wie Kapla, Lego und PlusPlus. Es wurde ein exploratives Arbeiten von Drittklässler:innen angestrebt und angeleitet, in dem das Versprechen, dass man mit den o. g. Baukastensystemen «alles produzieren» könne,⁹ hinterfragt werden sollte. Die Kinder arbeiteten mit materialen Forschungsaufträgen, in deren Rahmen bspw. überprüft werden sollte, wie und ob man auf dem Körper, am Fenster oder auf Rollen bauen kann und welche neuen Bauweisen und Bausteine dies erfordern würde. Es war geplant, ebenjene neuen Bauweisen und Bausteine (z. B. in Form von Kapla-Adaptern) im FabLab zu konstruieren und zu drucken. Neben dem teilweisen Einfordern der Kinder, die «Aufgabenstellung» zugunsten einer freien Beschäftigung im FabLab zu verlassen, zeigten sich für die vertiefte Auseinandersetzung mit den Baukastensystemen Schwierigkeiten durch das Beharren der Kinder auf «Funktionsphrasen»: Prozesse, in denen das Bauen z. B. am Fenster «funktionierte»¹⁰ oder auf dem Körper «nicht funktionierte», waren für die Kinder mit diesen Erkenntnissen abgeschlossen. Eine Erweiterung ihrer Entdeckungen an der Stelle, die sie als «funktionierend» markiert hatten, wurde weder eingefordert noch selbstständig verfolgt.

9 Der Workshop greift folgende Slogans der Baukastensystemhersteller:innen auf: Lego: «Lego – I can build what I want»; PlusPlus: «Plusplus – One Shape – Endless Possibilities»; Kapla: «Was kann man alles bauen? Alles! Zumindest alles, was die Fantasie hergibt».

10 Diese und die in Kapitel 5 geschilderten Erfahrungen gehen auf Feldnotizen des Workshops zurück. Die Formulierungen der Beteiligten sind dabei mit halben Anführungszeichen markiert.

Das Nicht-Funktionieren wurde bspw. damit begründet, dass man «das nicht macht» (auf dem Körper bauen), und konnte somit weder hinterfragt noch durchbrochen werden. Gleichzeitig zeigte sich, dass die Kinder sich von den genutzten Technologien wie 3D-Druckern dazu angehalten fühlten, bestimmte Prozessschritte auszu-schliessen: So waren sie sicher, dass ihre «krakeligen» Handzeichnungen nicht als Vorlage für den Roboterarm oder den Lasercutter genutzt werden dürften – das «funktioniere» nicht. Die Logik und die Weise, in der mit den Maschinen zu produzieren sei – mit perfekten Modellen und dem Ziel guter, stabiler und nützlicher Dinge –, war scheinbar festgelegt. Mit den Maschinen zu tinkern (vgl. Knaus und Schmidt 2020, 19) und zu experimentieren war ebenso undenkbar wie einmalig als funktionierend/ nicht-funktionierend Deklariertes noch weiter – bspw. über den Einsatz einer Maschine – zu bearbeiten, zu hinterfragen oder zu überdenken. Aus Perspektive der transaktionalen Bildung fand damit keine tiefere «produktive Verwicklung» (Allert und Asmussen 2017, 27) mit den Bausystemen und Technologien statt, die zugrunde liegende Logiken erfahrbar oder aber situativ hinfällig machen konnten. Das nicht verbalisier- und durchbrechbare Funktionieren wurde somit zum Gatekeeper und Distanzhalter. Funktionalität als zugrundeliegende Struktur des beobachteten Handelns und der gestalteten Dinge braucht in bildungsorientierter Absicht offenbar eine bewusstere Zuwendung.

4. Funktion und Funktionieren gestaltend auf die Spur kommen?

4.1 «*Making als produktive Enttäuschung*» (Noll) – ein ästhetischer Zugang zu Funktionslogiken

Während sich im ersten Zyklus einige Synergien zwischen dem problemlösenden Interesse der Kinder und des FabLabs ergaben (nämlich Dinge als «Problem» aufzufassen und an dessen Lösung und effektiver «Erledigung» zu arbeiten), fielen Momente einer ästhetischen Erkundung der Gestaltungsgegenstände, um deren Kontingenzen in Erfahrung zu bringen, deutlich schwächer aus. Während sich also ein problemlösendes Vorgehen fast «wie von selbst» einstellte, scheint ein ästhetischer Zugang, der die funktionalen Annahmen rational-planender Zugänge erweitern und hinterfragen könnte, weitaus schwieriger realisierbar zu sein. Nolls (2021) Ziel eines kunstpädagogischen Makings – nämlich bewusst Enttäuschungen als Momente des Aufbrechens zugrunde liegender Strukturen (von Kulturalität, Medialität und Normativität) (vgl. Noll 2021) im Kontext der digitalen Produktionsmittel in FabLabs herzustellen – wird vor dem Hintergrund der Erfahrungen aus Zyklus I daher als besonders relevant eingeschätzt. Wie Noll ausführt, gelte es, das «oftmals rigide Paradigma der Funktionalität in der Auseinandersetzung mit digitalen Medien

und Kulturen zu unterwandern» (ebd., 125), um «Gestaltungsräume offenzuhalten und neue/alte/ausgeschlossene Lösungen und Möglichkeiten (neu) zu erschliessen» (ebd.). Er geht dabei auf Künstler:innen im Makingkontext ein, die als besonders anschlussfähig für das Aufbrechen der Funktion als Gatekeeper (s. 3.2) gehalten werden: Künstler:innen wie Simone Giertz und Kenji Kawakami dienen Noll als Beispiel für eine ästhetische Auseinandersetzung mit Funktionalitätsparadigmen digitaler Produktion. Indem die Künstler:innen danach fragen,

«welche Erfindungen oder Maschine es heute ganz dringend nicht braucht, an welchen eine Apparatur oder Maschine eher hinderlich sein könnte, (...) wird Funktionalität und ihr Paradigma der Optimierung selbst in kleinen Artikulationen, in Momenten des Schmunzelns der Beobachtenden sicht- und reflektierbar» (ebd., 128).

Nicht im reflektierenden Abstand zu Funktionsparadigmen, sondern im gestaltenden Handeln und Spielen mit ebendiesen werden Fragen gestellt, Unbestimmtheiten aufgespürt und ausgehalten. Die *unusable objects* Kawakamis (s. Abb. 1) z. B. sind damit keine Design-Objekte im engeren Sinne mehr, sondern werden vielmehr zu epistemischen Objekten (vgl. Rheinberger 2016), die Erkenntnisse über funktional bzw. innovativ orientierte Designprozesse generieren.

Ein solches Vorgehen erscheint nicht nur im Anschluss an die in 3.1 benannten Ziele der Wahrnehmungsförderung und -sensibilisierung als anschlussfähig an Ansätze ästhetischer Literalität, sondern die «invention dropouts»¹¹ erscheinen auch im Sinne eines Verstehens und Evaluierens technischer Lebenswelten (vgl. Landwehr et al. 2021) als interessante Lerngegenstände.

11 «The one big difference is that while most inventions are aimed at making life more convenient, chindogu have greater disadvantages than precursor products, so people can't sell them. They're invention dropouts» (Kawakami, zit. n. Leleu 2020, o. S.).



Abb. 1: Butterstick: Why dirty a knife? (Bild und Beschreibung aus The Big Bento Box of Unuseless Kapanese Inventions, © by Kenji Kawakami).

4.2 «Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will»

Ausgehend von den o.g. Erfahrungen wurde in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen einer Sachunterrichtsdidaktikerin und einer Medienpädagogin mit Schwerpunkt Ästhetische Bildung ein zweitägiges Workshop-Angebot für Grundschüler:innen der dritten und vierten Klasse entwickelt, welches durch drei FabLab-Mitarbeiter:innen mit einem dritten Grundschuljahrgang durchgeführt wurde. Im Folgenden soll zunächst das Konzept vorgestellt werden, das als Ableitung und Konkretisierung der durch den ersten Zyklus entstandenen Erkenntnisse (s. Kap. 3.2) und Designprinzipien (s. Kap. 4.2.3) zu verstehen ist.

4.2.1 Konzept

Der Workshop «Wenn die Gabel nicht mehr gabeln will» basiert auf der Ausgangsbeobachtung, dass die Funktionalität der Alltagsdinge, die unsere alltäglichen Routinen stützen oder überhaupt ermöglichen, besonders dann sichtbar wird, wenn sie nicht (mehr) funktionieren (vgl. Hörning 2012, 35). Das Nichtfunktionieren, das

uns im Alltag manchmal plötzlich erwischt und uns Fragen stellen lässt, soll hier als Hauptintervention zum Erschliessen der Funktion und des Funktionierens genutzt werden. In Anlehnung an Katerina Kampranis Serie «The Uncomfortable» (www.theuncomfortable.com) werden die Kinder dazu aufgefordert, Varianten von Gabeln zu formen, die in ihrer Funktion und ihrem Funktionieren widerständig werden. Um dies den Kindern zugänglich zu machen, wird die Gabel als ein willensvolles Objekt eingeführt, welches die eingetretenen Pfade des Gabelseins verlassen möchte: Die eine Gabel möchte nun endlich in Rente gehen, die andere möchte weniger gabeln, eine weitere braucht einen Tapetenwechsel. Wie kann die Gabel dies nun – sie kann ja leider nicht sprechen – durch ihre Form ausdrücken? Muss sie sich z. B. schwerer, klobiger, instabiler oder runder machen?



Abb. 2: Objekte aus «The Uncomfortable», © by Katerina Kamprani.

Ziel der Formtransformationen und Eingliederung in neue Nutzungskontexte ist es, Sprechkanäle und Kontaktaufnahmen mit der Gabel und ihren technischen, ästhetischen und familien- sowie ess-kulturellen Codes zu ermöglichen: Auf welche «Normalitäten» einer «funktionierenden» Gabel verweist deren Entrückung in Kontext und Form? Welche Konstruktionsprinzipien, Tischrituale, Komfortbedürfnisse werden sichtbar? In welchem Verhältnis stehen schliesslich die Form der Gabel, die Konsistenz von Essen und Frühstücksgewohnheiten, wenn alles reibungslos am Frühstückstisch «funktioniert»?



Abb. 3: Objekte aus «The Uncomfortable», © by Katerina Kamprani.



Abb. 4: Eine Riesengabel aus dem Lasercutter als Vorbereitung (Requisite) für das Bodystorming.¹²

¹² Sofern nicht anders angegeben: alle Fotos: Elisa Dittbrenner

Die Kinder erarbeiten sich in einem Bodystorming¹³ und in 3D-Modellen (TinkerCAD)¹⁴ neue Gabelformen, um damit Sprechanlässe und Untersuchungsmöglichkeiten für die in Form und verschiedenen Tischpraktiken eingewobenen Funktions- und Funktionalitätsvorstellungen zu erhalten. Indem die Kinder am zweiten Workshopstag die selbst erstellten Gabeln innerhalb verschiedener Kontexte inszenieren und damit ausprobieren, soll eine Vertiefung der ersten Erkenntnisse des Vortages erreicht werden. In einer Ausstellung aller Gabelmodelle wird zusammenfassend ein gemeinsamer Blick und Ausblick auf die Gabeln gerichtet. Eine ‹Funktions-prüfer:in› – eine externe pädagogische oder didaktische Fachkraft – spricht in der Ausstellung die Kinder als Experter:innen für Gabeln an und interessiert sich explizit – aus ihrer Rolle der Funktionsprüfer:in heraus – für die in den Objekten eingewobenen Funktionsbegrifflichkeiten: Inwiefern ‹funktionieren› die ausgestellten Gabeln (noch) bzw. wann? Was macht eine Gabel eigentlich aus? Was konntet Ihr über Eure Tischrituale lernen? Welchen Gabeln würdet ihr gern helfen, ihre Dienste zu verändern, weil es besser zu eurem Alltag passen würde? Und: Wer bestimmt überhaupt, wann eine Gabel ‹funktioniert›?



Abb. 5: Formversuche aus der konzeptionellen Entwicklung der Workshops.

13 Das Bodystorming hat sich in der partizipativen Gestaltung/-sforschung als ein Ansatz entwickelt, der als Pendant zum Brainstorming mithilfe körperlicher Interaktionen zur Ideenfindung beitragen will. Statt über mögliche Ideen und Interaktionsformen nachzudenken, werden Situationen mit adhoc-Aufbauten und Requisiten nachgestellt und nachgespielt und dabei Ideen gesammelt. «Embodied storming enables rapid communication between people, as well as the speedy generation of unjudged, uncompromised design proposals and scenarios.» (Schleicher et al. 2010, 48).

14 <https://www.tinkercad.com>.

4.2.2 Designprinzipien

Von Dingen lernen, die (noch) nicht (mehr) funktionieren

Wie Hörning (2012) beschreibt, erlangt der:die Praktiker:in insbesondere ihr:sein «praktisches Wissen, das sich in ihm besonders entfaltet, wenn die Dinge «verrückt» spielen, d. h. Probleme aufwerfen, Funktionsversprechen nicht einhalten, Irritationen und Orientierungsunsicherheiten provozieren» (vgl. Hörning 2012, 35). Es wird angenommen, dass neben nicht-intendierbaren Prozessen des Scheiterns oder unerwarteten Produktions«fehlern» in FabLabs auch Formen der bewussten Verschiebung (Displacement) von Dingen – in ihrer Form, in einen anderen Kontext, ihrer Zeitlichkeit (vgl. Brohl 2003; Kraus und Palm 2017) – die Dinge verrückt spielen lassen können. *Führe bewusst Situationen herbei, in denen die Dinge verrückt spielen und somit Fragen aufwerfen.*¹⁵

(Technische) Alltags-Dinge befragen, deren Funktionieren im Alltag unsichtbar geworden ist

Für die Wahrnehmung, Erschliessung und Gestaltung kindlicher Lebenswelten spielen Alltagsgegenstände sowie deren inkorporierte Funktionen und Funktionalitäten eine wichtige Rolle (vgl. Schachtner 2014). Gabeln, Kugelschreiber, Lichtschalter, Brillen oder Türklinken kommen in jedem Alltag vor. Wir benutzen sie täglich und selbstverständlich, dadurch verdecken sich neben ihrem Gestaltetsein oft auch ihre technischen Funktionsweisen: Auch wenn z. B. die Gabel ein Alltagsgegenstand ist, den jedes Kind kennt, ist davon auszugehen, dass sie aus der Perspektive von Kindern nicht als technisches Objekt verstanden wird, nicht als etwas, das «funktioniert», weil sie nichts «tut», keine Maschine ist, weder Batterie noch Akku benötigt etc. *Mache Dinge zum Ausgangspunkt, die zunächst als eindeutig, untechnisch oder minderkomplex erscheinen und im Verlauf «entfaltet/enttarnt» werden können.*

Erkenntnisse als «Produkte» salonfähig machen

Ist nicht (nur) ein (schönes) Produkt aus dem 3D-Drucker oder z. B. eine CO₂-Messstation für die Klasse das Ergebnis eines Prozesses im FabLab, sondern stehen die Erfahrungen mit und die Wahrnehmung von gestalteten, enttasteten oder noch zu gestaltenden Dingen im Vordergrund, müssen adäquate Formate gefunden werden, Erkenntnisse als gleichwertige «Produkte» von FabLabs salonfähig zu machen. *Nutze*

¹⁵ Die Dinge treten plötzlich im Sinne eines didaktischen «Problems» hervor (vgl. Beinbrech 2022), aktivieren zu einer fragend-konstruktiven Auseinandersetzung und lassen sich schliesslich «enttarnen».

mit den Kindern gestaltete Produkte als Ausgangspunkt für Sprechansätze und suche von dort aus nach geeigneten Formen, Erkenntnisse kommunizierbar zu machen und als Ergebnis anzuerkennen.

4.2.3 Reverse Design

Als Konkretisierung der o. g. Designprinzipien wurde das Konzept des «Reverse Designs» entwickelt, das die Ansätze von Reverse Engineering und Anti-Design im Sinne einer produktiven Enttäuschung (vgl. Noll 2021) verbindet.



Abb. 6: Explorative Vorbereitungen im Team: Was entbirgt ein solcher Eingriff in die Gabel?

Reverse-Engineering (vgl. Baxter und Mehlich 1997) hat die Absicht, durch Nachbauen, Nachempfinden und Rückbauen eines Systems dessen Funktionen zu verstehen und ggf. zu verbessern. Das Ziel von Anti-Design ist, funktionalistische Annahmen durch Sabotage, Dekontextualisierung und humoristische Einsätze sichtbar und diskutierbar zu machen. «Zuerst wähle ich den Gegenstand, den ich neu gestalten, dann analysiere ich seine Funktion und sabotiere sie an einer Stelle» (Faltermaier 2018, o. S.), zitiert Antonia Faltermaier die Künstlerin Kamprani, die ihren Zugang als gegenstandsgeleiteten Prozess beschreibt, der durch Funktionsanalyse zur Sabotage gelangt und im finalen Design sichtbar gemacht werden kann. Im Gegensatz dazu verstehen wir in unserem Ansatz des «Reverse Design» – als vermittelnder Zugang zwischen Reverse-Engineering und Anti-Design¹⁶ – das nachempfindende Gestalten bis zu dem Punkt, wo eine Sabotage grösstmöglichen Schaden anrichtet, selbst als eine Form der Wissensproduktion, die die Funktionalität des Gegenstandes erkundet, nicht voraussetzt. Reverse Design wird daher im Folgenden als ein Vorgang «forschender Ent-staltung» verstanden, der einen gestalteten Gegenstand/ eine gestaltete Situation in seiner Gestaltungshistorie und Machart so weit rückbaut, bis für seine/ihre Funktionalität essenzielle Mechanismen und materielle Entscheidungen gefunden wurden. Startet ein (funktionaler) Entwicklungsprozess in der Regel mit der Frage, wie etwas funktionieren könnte, fragt der Reverse Design-Ansatz zunächst danach, was einen Gegenstand/ eine Situation so weit verändert, dass er/sie nicht mehr «funktioniert», ohne ihn/sie gleichsam einfach zu «zerstören».

16 Wie in Kap. 6 noch weiter ausgeführt wird, erinnert dieses Vorgehen an den im technischen Lernen verbreiteten Ansatz des Enttarnens bzw. Dekonstruierens (Graube 2018), der in gewisser Nähe zu Vorgehensweisen des Displacements im ästhetischen Lernbereich steht (Kraus 2013). Zentral beim Erkenntnisweg des Dekonstruierens/Enttarnens ist es, eigene oder fremde Konstruktionen infrage zu stellen: «Es könnte anders sein! Wir sind die Enttarnen unserer Wirklichkeit!» (Graube 2018, 26). Das Dekonstruieren erzeugt Chaos und verstört das System (vgl. Reich 2005), wobei es nicht nur um das Zweifeln und Fragen stellen geht, sondern «vor allem um mögliche andere Blickwinkel, die in der Konstruktion des anderen nicht gesehen werden» (ebd., 121).

4.2.4 Feinkonzept und Sequenzen

Thema/Sequenz	Ziel	Beschreibung	Material/ Vorbereitung
Tag 1			
«MFG, DEINE GABEL»	Warm-Up/ Einführung/ Erstbegegnung	Die Kinder werden an einen gedeckten Tisch gebeten, um dort auf ausgelassenen Sprechblasen zu formulieren, was eine Gabel schon immer einmal mitteilen wollte.	<ul style="list-style-type: none"> für jedes Kind Teller, Serviette und Gabeln eindecken Holzsprechblase und Stifte dazu legen
BODYSTORMING	Auseinandersetzung mit verschiedenen Gabeltypen, -praktiken und -interaktionsformen und Sammlung von ersten Ideen	Mit verbiegbaren Gabeln, Bambusgabeln, Tape als auch dreh- und ausfahrbaren Gabeln nehmen die Kinder a) ihr Frühstück ein und entwickeln b) auf ihren Erfahrungen basierend weitere Gabeln, die neue/ andere, erweiterte Aufgaben (auch in neuen Kontexten) übernehmen können.	<ul style="list-style-type: none"> verschiedene Gabeltypen besorgen und/ oder sammeln Für jedes Kind eine verbiegbare Gabel bereit legen Bambusgabeln (100-200 Stück) und Tape bereit legen
ALT, ALLEIN, GELANGWEILT! EIN NEUES LEBEN FÜR DREI GABELN	Rekapitulation der Erkenntnisse aus dem Bodystorming, schriftliche Fixierung der entwickelten Ideen und Konkretisierung dieser für drei „neue“ Gabel-Typen	Auf einem Arbeitsbogen rekapitulieren die Kinder die Ergebnisse ihres Bodystormings und übertragen ihre Erkenntnisse für drei Arbeitsaufträge: <ul style="list-style-type: none"> <i>Rentengabel: Wie kann eine Gabel zeigen, dass sie müde ist und ihren Dienst quittiert?</i> <i>Gelangweilte Gabel: Wie kann eine Gabel sich verändern, damit sie auch andere Aufgaben erledigen kann?</i> <i>Einsame Gabel: Wie kann eine Gabel sich verändern, damit sie ihre Arbeit nicht mehr alleine verrichten muss?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsbogen vorbereiten
TINKERCAD, DIE ERSTE	Auseinandersetzung mit einzelnen Bestandteilen der Gabel, ihren jeweiligen Funktionen und möglichen Erscheinungsformen	Die Kinder wählen eine der Gabeln aus (Rentengabel, gelangweilte Gabel, einsame Gabel) und suchen in TinkerCAD auf Basis eines Gabelmodells nach einer geeigneten Erscheinung für diese Gabel (Reverse-Design).	<ul style="list-style-type: none"> Laptops verformbares Gabelmodell in TinkerCAD bereit stellen TinkerCAD-Klasse anlegen
TINKERCAD, DIE ZWEITE	Vertiefung und Konkretisierung der Entwicklung einer «neuen» Gabel (s. Gabel-Typen oben)	Die Kinder überarbeiten und/ oder erweitern ihre Entwürfe der vorigen Einheit mithilfe einer Form-Bibliothek.	<ul style="list-style-type: none"> Formen-Bibliothek anlegen 3D-Drucker (die Modelle der Kinder müssen bis zum zweiten Workshop-tag gedruckt sein)
Tag 2			
GABEL-INSZENIERUNG		Die Kinder «inszenieren» ihre Gabel (im richtigen Kontext präsentieren, die Nutzung präsentieren) und machen ein Video/Foto davon.	<ul style="list-style-type: none"> Ipads bereithalten Zugang zu Drucker ermöglichen
FUNKTION UND FUNKTIONIEREN – EINE AUSSTELLUNG MIT FUNKTIONSPRÜFER:IN		Die Kinder bauen zusammen eine Ausstellung ihrer verschiedenen Gabeln auf und geben ihrer Ausstellung einen Namen. Sie legen fest, wo und wie welche Gabeln gezeigt werden sollen. Nach Aufbau kommt eine «Funktionsprüfer:in» (eine erfahrene Pädagog:in oder Didaktiker:in), die mit den Kindern die im Material sichtbar werdenden Begriffe von Funktion und die gebrochen und erweitern Funktionalitäten bespricht.	<ul style="list-style-type: none"> Fragen vorbereiten, z. B.: Wer bestimmt eigentlich, wie eine Gabel funktionieren soll? ... Personalüberlegungen anstellen (Wer übernimmt die Rolle der:des Funktionsprüfenden?)

Abb. 7: Feinkonzept (eigene Grafik).

5. Praxiseinblicke

Durch die im Feinkonzept eingebrachten Weichenstellungen (Material, Methoden und Art der Lernbegleitung) entstanden durch die Aneignungsprozesse der Kinder verschiedene Formen von Gestaltungsprozessen, die durchaus ihre eigenen Kontaktmöglichkeiten zu Funktion und Funktionieren suchten und als richtungweisend für eine weitere Bearbeitung des Themenfelds angenommen werden. Da es an dieser Stelle nicht möglich ist, in alle Prozessphasen Einblicke zu geben, wird die Aufmerksamkeit im Folgenden auf die Gestaltungsimpulse und -prozesse gerichtet, die vor dem Hintergrund der produktiven Verwicklung mit Funktionslogiken als besonders relevant erachtet werden.

5.1 Ent-staltungen: Funktion & Kontext

Als besonders fruchtbar für die Auseinandersetzung mit dem Themenfeld des Funktionierens war das Bodystorming, wobei das Bereitstellen schon transformierter Gabeln und die Integration des Bodystormings ins ohnehin stattfindende Frühstück besonders starke Impulse gaben: Eine im FabLab hergestellte «Riesengabel» (s. Abb. 4) und eine Teleskopgabel gaben den Anlass, neue Formen des Essens und der sozialen Situation des Essens auszuloten. So flochten z. B. einige Kinder Naschi-Schnüre um die grossen Zinken der Riesengabel (s. Abb. 8) und assen sie dann als Lolli. Dabei kommentierten sie immer wieder, inwiefern das Essen dadurch ein «ganz anderes» würde. Andere stachen mit der grossen Gabel in ihr Essen und gaben nach mehrmaligem Ausprobieren als Expert:innen gute Tipps zum Umgang mit der «komischen Gabel». Die Teleskopgabel gab Anlass dafür, unbemerkt beim Nachbarn essen zu stibitzen oder nicht um das Anreichen einer weiter entfernten Speise bitten zu müssen (was auch dazu führte, sich fürs Nicht-Fragen erklären zu müssen). Immer wieder kommentierten die Kinder, für welche Situation welche der schon transformierten Gabeln akzeptabel, verstörend oder sinnvoll wäre: So wurden Familiensituationen nachgespielt, in denen eine Teleskopgabel sinnvoll wäre (Baby füttern) oder das Verdrehen von Zinken die Präsentation und Aufnahme von unterschiedlichen Speisen auf einer Gabel möglich machte. Sie schlossen in der folgenden Phase, in der mit Bambusgabeln gebaut wurde, an diese Gabeln an, indem sie z. B. Multifunktionsgabeln entwickelten oder Gabeln, deren Zinken man ein- und ausfahren kann. Das Setting des Frühstücks führte immer wieder dazu, die Experimente klar auf das Themenfeld des Essens und damit verbundene, eingeübte Praktiken zu fokussieren. So führte bspw. das Experiment, das Müsli mit der Gabel zu essen, dazu, dass in der Bauphase ein Göffel entwickelt wurde, der die Vorteile beider Bestecke kombinierte. Das Bodystorming und das unmittelbare Hineingesetztsein in eine leicht verschobene Frühstückssituation regte die Kinder an, die Gestaltung einer Gabel auf den miteinander verwobenen Ebenen von Nutzungskontexten, Formfragen, Akteur:innen,

Arten des Genusses und Routinen zu diskutieren, indem sie ihre aktuelle Situation stets mit schon bekannten Gabelsituationen verglichen («Das mache ich sonst anders»). Es liessen sich hier durchaus Anschlüsse finden, Gebrauch als Form der Gestaltung (vgl. Bredies 2014) vertiefend mit Kindern zu untersuchen.

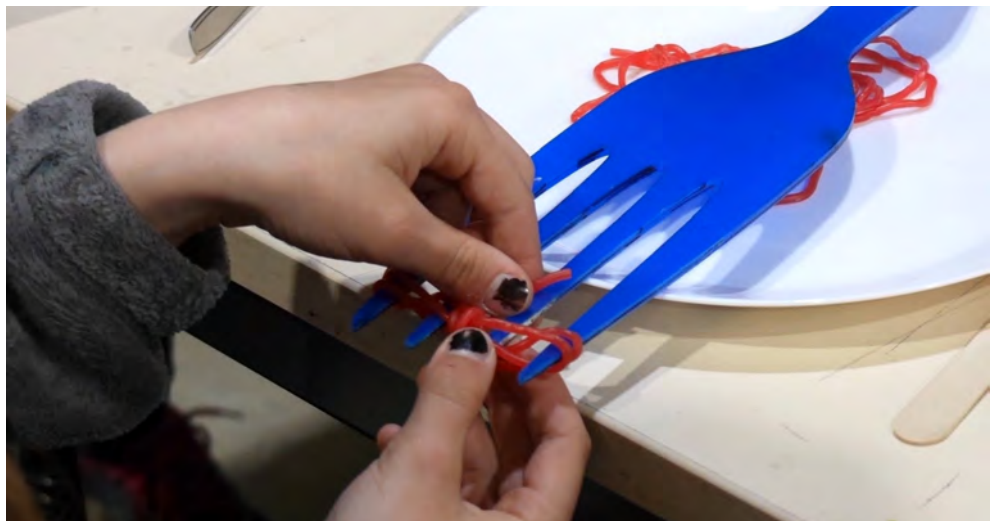


Abb. 8: Essen einflechten und als Lolli geniessen.



Abb. 9: Verbiegbare Gabeln inspirieren ein Gabelturmspiel und ein Gespräch zum Thema Warten.

Für die Kinder stellte sich dennoch das Bodystorming als abgeschlossener Prozess dar; sie fingen nach ihren ersten Erfindungen an zu planen, was nun geschehen sollte: «Ich mach was zu Minecraft.» Die Kinder waren zudem zwar in der Lage, entstaltende und weitergestaltende Entwürfe eigenständig zu verfolgen; sie waren allerdings nicht in der Lage, ihre Entdeckungen eigenständig einzuordnen und für den weiteren Prozess fruchtbar zu machen. Da die Mitarbeiter:innen aus organisatorischen Gründen nicht immer in der Lage waren, alle Momente der Ideenentwicklung mit der gleichen Aufmerksamkeit zu verfolgen, gingen einige Ideen im Verlauf verloren. Für weiterführende Workshops wäre es hilfreich, FabLab-Personal so zu entlasten, dass auch beiläufig erscheinenden Gesprächen und Kommentaren beigewohnt werden kann, um diese für die Kinder in ihren Ideenentwicklungen wieder sichtbar machen zu können.



Abb. 10: Aus Bodystorming weiter entwickelter Prototyp «Schweizer Taschengabel».

5.2 Aus-gestaltungen: Funktion & Individualismus

Neben den in 5.1 benannten Annäherungen an die Gabel ergaben sich – vor allem im Rahmen der Arbeit im 3D-Programm und der Aussicht auf eine 3D-gedruckte Gabel – diverse Aus-gestaltungen der Gabeln. Wie in Zyklus 1 forderten einige Kinder in der durchaus herausfordernden Arbeit in TinkerCAD ein, keine Weiter- oder Engführung

ihrer schon erarbeiteten Ideen zu verfolgen, sondern machen zu können, «was sie wollen». Die freie Beschäftigung mit den Gabeln führte immer wieder dazu, dass die als Modell vorbereiteten Gabeln in TinkerCAD Grundlage für individuell gestaltete Gabeln wurden, auf denen die Kinder Namen und Lieblingssymbole platzierten und für die sie ihre Lieblingsfarbe auswählten (s. Abb. 11 und 12). «Das ist jetzt unsere Gabel», sagen zwei Kinder und umarmen sich freudig.



Abb. 11: Diverse Ausgestaltungen von Gabeln mit Namen (hier anonymisiert) und Lieblingssymbolen.

Die unmittelbar addierbaren oder durch einen Haken an- oder ausstellbaren Gestaltungsparameter nahmen in den computerbasierten Prozessen deutlich mehr Raum ein als Formveränderungen oder die Integration vorangegangener Überlegungen zu sozialen Prozessen am Tisch (s. Abb. 12). Diese schnellen Anpassungen der Gabel an eigene Vorlieben entsprechen weniger dem im Konzept avisierten Vorgehen, bieten aber gerade zur Hinterfragung post-industrieller digitaler Produktionsmechanismen einiges Potenzial. Obwohl eine rosa Gabel mit Herz wenig an der direkten Funktion verändert, greift das Vorliegen einer Gabel als frei veränderbares Modell, das jede:r an die eigenen Bedürfnisse und Geschmack anpassen kann, potenziell weitgreifend in Tisch- und Haushaltsroutinen in Familien, aber auch Überlegungen zu Konsum und serieller Produktion ein: Während ein:e Aussenstehende:r zuvor ‹fehlerfrei› den Tisch decken konnte, braucht es nun Insiderwissen, beim Tischdecken die Stammpätze mit der ‹richtigen› individuellen Gabel einzudecken. Sichtbar wird nun auch bei wechselnden Abspülriten, ob und welche Gabeln schneller liegen gelassen wurden, wenn die Zeit knapp war. All diese und weitere Irritationen, die eine individuell gestaltete Gabel im Haushalt mit sich bringt, wären aus einer Perspektive einer ‹produktiven Verwicklung› mit den Kindern zu thematisieren. Am besten könnte dies über das Einbringen der gestalteten Gabeln in einen tatsächlichen Haushalt geschehen, um so – im Anschluss an die positiven Erfahrungen mit dem Bodystorming – konkrete Nutzungserfahrungen sammeln und befragen zu können. Dies fordern auch die Kinder ein: ‹Weisst du, was ich heute beim Mittagessen mache? Ich esse mit meiner selbst gemachten Gabel!› Dies erfordert dann, den Auseinandersetzungsprozess nach Abschluss der Produktion fortzusetzen, nicht etwa mit dem ‹fertigen› Produkt abzuschliessen.¹⁷ Steht die Erfahrung mit den im FabLab produzierten Dingen im Vordergrund, ist dies in der zeitlichen Planung eines Bildungsmoduls unbedingt zu berücksichtigen.

¹⁷ Vgl. hier Ehn (2008), der davon ausgeht, dass die Phase der Gestaltung nach der Produktion weiter geht.

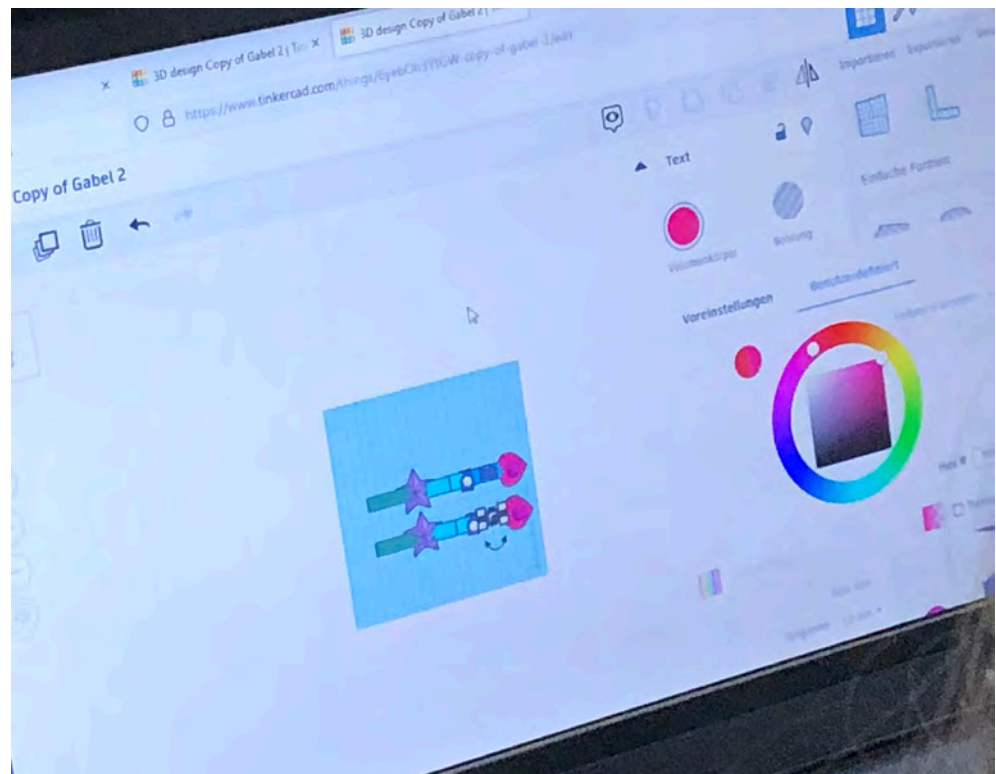


Abb. 12: Schnell zu greifende Gestaltungsparameter: Farbe und vor- konfektionierte Formen aus der Bibliothek.

5.3 Ver-unstaltungen: Funktion & Care

Auch wenn die Kinder sich in den Reverse-Design-Prozessen engagiert haben, waren in gewissem Ausmass Ablehnung und Unverständnis gerade gegenüber den Sabotage-Akten des de-konstruierenden Ansatzes vorhanden, was im Verlauf immer wieder Gespräche zu Reparieren, Recycling und Müll anregte.

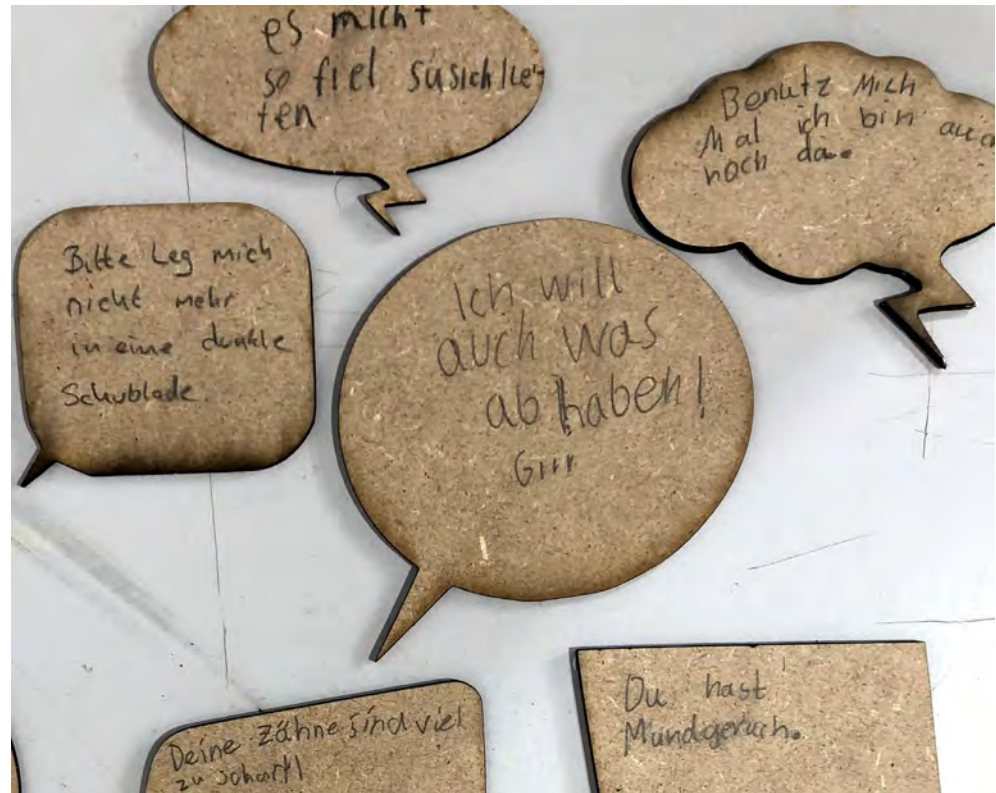


Abb. 13: Was deine Gabel dir schon immer mal sagen wollte. Beispiele aus dem Warm-Up.

Die empathische und respektvolle Einstellung gegenüber den Gabeln als Teil ihrer Lebenswelt, die schon im Warm-Up sichtbar wurde (s. Abb. 13), trug sich im ganzen Prozess fort und trat abschliessend in der Ausstellung besonders hervor. Wann beispielweise eine Gabel kaputt sei, wurde zu einer Frage, die heiss diskutiert wurde: «Ich bin Besitzer und entscheide, wann sie kaputt oder noch zu retten ist.»

Die Kinder beteiligten sich rege daran zu überlegen, was aus den «ver-unstalteten» Gabeln, die für ihr Frühstück nicht benutzt werden können, noch gemacht werden könne: Vorschläge waren bspw. recyceln («Gabel zertrümmern und an eine Fabrik verkaufen»), reparieren, als Angel oder für Stockbrot benutzen oder etwas daraus basteln. «Die grosse schwarze Gabel kann man als Schaufel benutzen.»

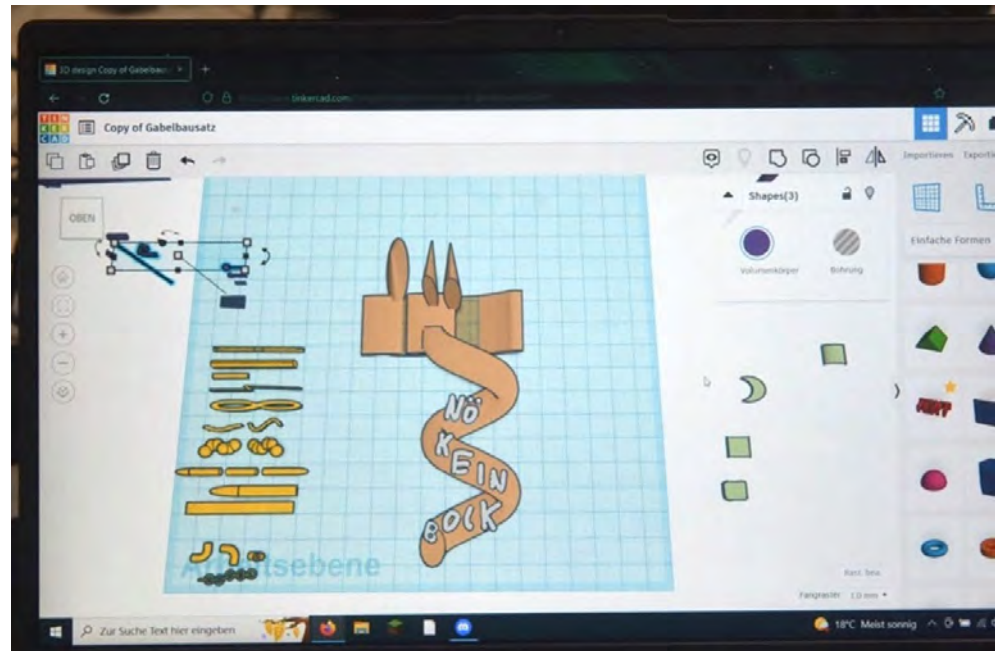


Abb. 14: Ver-unstaltet oder ent-staltet?.

Das Entwickeln der nicht mehr als Gabeln funktionierenden Gabeln im mittleren Teil des Workshops erzeugte bei den Kindern immer wieder Irritationen: Es entstanden in dieser Phase u. a. Gabeln, die die Kinder als «kaputt» bezeichneten. Erst in der Abschlussrunde, die wieder lebensweltliche Bezüge aufwies und durch die «Funktionsprüfer:in» fragend und einordnend unterstützt wurde, konnten die Kinder den aus ihrer Sicht ver-unstalteten Gabeln etwas abtrotzen, ihnen neue Funktionen zuweisen und wollten sich um sie «kümmern», damit sie – wo sie nun in ihrer Form tatsächlich vor ihnen lagen – kein Müll sind. Dass sich an dieser Stelle epistemische und nachhaltige Perspektiven gegenüberstehen, muss ebenso mehr Beachtung finden wie Aspekte von Care als Lebensweltbezug und als notwendige Dimension von Gestaltungsprozessen (vgl. Imrie und Kullman 2016) (z. B. über Reparatur-Workshops usw.).

6. Diskussion

6.1 Anschlüsse und Herausforderungen für den Sachunterricht

Zum Fach Sachunterricht finden sich für das beschriebene Bildungsmodul und die darin gemachten Erfahrungen vor allem Anschlüsse an den Lernbereich der Technischen Bildung.

Technische Bildung zielt u. a. darauf, «über eine beabsichtigte, planvolle Auseinandersetzung mit Technik Kindern Wissen, Fähig- sowie Fertigkeiten für die Entwicklung und Anwendung von Technik [...] zu vermitteln» (Mammes, Zoll und Dölle 2022, 158).¹⁸ Der Umgang mit Dingen, das Erkunden und Verstehen ihrer Funktion(sweisen) und Konstruktion ist dabei didaktisch bislang stark auf spezifische, weniger alltägliche Objekte – auf physikalisch zu erschliessende Phänomene wie Brücken oder Türme – bezogen, anhand deren Konstruktion und Stabilität vor allem logisch-rationale Schlüsse zwischen Form und Funktion zu ziehen sind (vgl. z. B. Möller 2012; Zolg 2020; Dölle 2021). Schomaker (2018) verweist zwar darauf, dass Tätigkeiten des Bauens und Konstruierens auch das Erkennen von Funktionszusammenhängen sowie das individuelle Konstruieren und Dekonstruieren von Gegenständen umfassen. Dennoch wird die zentrale technische Denk-, Arbeits- und Handlungsweise «Technik konstruieren und herstellen» (GDSU 2013, 65) fast ausschliesslich auf das Prinzip des statisch-konstruktiven Bauens bezogen (vgl. z. B. bei Dölle 2021; Lanz 2021). Das hier beschriebene Bildungsmodul wählt einen anderen Zugang zu Funktion und Funktionieren technischer Artefakte, der vor allem ästhetisch-kreativ statt kognitiv-rational ist. Dabei werden aber – und hier zeigt sich bereits eine starke Anschlussfähigkeit an den Sachunterricht in der Schule – aktuelle Konzeptionen beispielsweise aus dem «Haus der Kleinen Forscher» berücksichtigt, die das Erfahrbar- und Einsehbar-machen von Funktionsweisen technischer Produkte und technologischer Systeme als Ausgangspunkt einer Didaktik (naturwissenschaftlich-)technischen Lernens sehen (vgl. Röhner 2021; Graube und Mammes 2015).

Durch den Ansatz des Reverse-Designs (s. 4.2.3) und die zugrundeliegenden Designprinzipien wurde versucht, genau diesem Anspruch Rechnung zu tragen und durch den Bezug auf einen Alltagsgegenstand sowie mittels Dekonstruktionsstrategien, also durch das Enttarnen von Funktionsweisen, selbige für die Kinder durch u. a. das Bodystorming erfahrbar und durch die Kommunikation über die Prozesse einsehbar zu machen. Damit lassen sich ohne Weiteres Ziele technischen Lernens in der Primarstufe verbinden und im Unterricht vertiefen wie das Anbahnen der Erkenntnis, dass technische Objekte Probleme lösen und Bedürfnisse befriedigen sowie Unterschiede im Hinblick auf Funktion und Handhabung aufweisen (vgl. Kosack, Jerentin-Kopf und Wiesmüller 2015). Gleichzeitig wird die Forderung berücksichtigt, für Kinder Gelegenheiten zu schaffen, um «einfache technische Funktions- und Handlungszusammenhänge zu verstehen» (GDSU 2013, 64) und «technische Funktionsweisen [...] zu erkunden» (ebd., 66).

¹⁸ Die hohe Relevanz technischen Lernens im Sachunterricht ergibt sich vor allem durch den starken Lebensweltbezug von Technik: Kinder wachsen in Lebensräumen mit einem hohen Grad an Technisierung auf, sie sind «umgeben von einer Welt der Technik» (Graube 2018, 24; vgl. auch Hackbarth 2021). Folglich kommen Kinder mit vielfältigen Technikerfahrungen in die Schule; sie erleben eine Techniksozialisation in einer technisierten Welt und haben i. d. R. «ein unmittelbares Interesse, hinter die Dinge zu schauen, ihre Funktions- und Wirkungsweisen zu verstehen und technische Produkte zu schaffen» (GDSU 2013, 63).

Exemplarisch zeigen auch die Momente der Ent-staltungen (s. 5.1) Potenziale für sachunterrichtliche Lernprozesse. Das Vorgehen im Bodystorming ermöglicht den Kindern ein freies Explorieren und Erfahren – Fähigkeiten, die es im Sachunterricht zu fördern gilt (vgl. ebd.).¹⁹ Das Bodystorming stellte für die Kinder einen Spielraum der Exploration dar, der sich auch im Klassenzimmer realisieren lässt und so einen niedrigschwelligen Zugang zu einem technischen Phänomen und dessen Funktionsweise für alle Kinder ermöglichen kann.

Durch die Gesprächsanlässe, die im Workshopkonzept inkludiert sind (z. B. Gespräch mit dem:der Funktionsprüfer:in) oder sich spontan gezeigt haben (z. B. Bodystorming/Ent-staltung) lässt sich die Denk-, Arbeits- und Handlungsweise «Technik kommunizieren» (ebd., 68) fördern, vor allem die Fähigkeit, Konstruktionsergebnisse, Herstellungsprozesse und Funktionszusammenhänge verständlich zu vermitteln und zu diskutieren (vgl. ebd.) – auch wenn der Workshop im Nachgang im Klassenraum ausgewertet wird und dabei Erkenntnisse gesammelt werden. Die Reflexion und Auswertung des Besuchs eines außerschulischen Lernortes wie dem FabLab ist auch wichtig, um die «Erfahrungs- und Lernmöglichkeiten ertragreich zu gestalten» (Baar und Schönknecht 2018, 90). Um die hier beschriebenen Anschlüsse ergiebig mit den Kindern nutzen zu können, sollte also eine gemeinsame Auswertung erfolgen, um die Erkenntnisse und Erfahrungen der Kinder aufzugreifen, zu verarbeiten und ggf. noch zu vertiefen.

6.2 Anschlüsse und Herausforderungen für den ästhetischen Lernbereich

Wie in 3.1 dargestellt, ist der ästhetische Lernbereich von einer starken Vollzugsorientierung geprägt. Die Auseinandersetzung mit Kunstwerken, Tanz, Theater oder Klängen richtet sich in diesem Sinne weniger auf die Erzeugung von Produkten wie Bildern, Szenen oder Musikstücken an sich, sondern stellt die Erfahrung mit Bild, Klang- und Bewegungswelten (rezeptiv und produktiv) in den Vordergrund. Ebenjene Vollzugsperspektive auch auf die Artefakte und Gestaltungsprozesse post-industrieller Produktionsmöglichkeiten zu richten, erscheint nicht nur vor einer aktuellen Ausdeutung des ästhetischen Curriculums als sinnvoll. Gerade in Anbetracht der gemachten Erfahrungen, dass es den Kindern deutlich leichter fällt, Probleme zu lösen als Probleme zu befragen oder zu eröffnen, ist eine stärkere Profilierung ästhetischer Perspektiven auf funktional orientierte Prozesse in FabLabs anzustreben. «Das gute Funktionieren der Geräte wird von der technischen Logik aus gedacht, ihre Sinnstiftung jedoch erst in der ästhetischen Perspektive des Andersmöglichseins erzeugt» (Geiger 2018, 111). Dabei die «Dinge des Gebrauchs» – «smart things» (Zirfas

¹⁹ Das Explorieren zeichnet sich dadurch aus, dass die Kinder selbstständig mit Material umgehen und Phänomene in einer weitestgehend selbstbestimmten Form der Auseinandersetzung erkunden (vgl. Schütte 2022).

2019), gedruckte Artefakte, Alltagsgegenstände – in den Mittelpunkt zu rücken, erwies sich als wichtige Entscheidung für den Primärbereich: Dass technische Dinge zugleich auch ästhetische Dinge sind – z. B. auch eine Gabel Teil vielfältiger kultureller Bezüge und ästhetischer sowie technischer Entscheidungen ist und dennoch in jeder Nutzung potenziell neu über ihren Sinn entschieden werden kann («Gebrauch als Design», Bredies 2014; «Non-Intentional-Design», Brandes und Erlhoff 2006) – blieb nicht abstrakt, sondern wurde im Gebrauch der Dinge sichtbar und anfassbar. Dass die Kinder sich selbst im Gebrauch der Dinge beobachten und erleben, wäre hinsichtlich der Wahrnehmungssensibilisierung im ästhetischen Lernbereich noch klarer auf die Nutzung der selbst hergestellten Dinge zu erweitern. Hier anzusetzen und die Qualität eines «making things tangible» neben Funktionalismus für weitere abstrakte Themen zu nutzen – z. B. an das Interesse der Kinder für Verantwortung und Care (s. 5.3) anzudocken –, wäre ein spannendes Beschäftigungsfeld, um auch den curricularen Forderungen zum Erlernen von «Kommunikation über verschiedene Arten von Zeichen» (Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen 2001, 4) nachzukommen. Körperlich orientierte Methoden wie das Bodystorming bilden hierbei gute Brücken, um die Prototyping-Praxis (vgl. Dickel 2019) von FabLabs mit der Vollzugsorientierung des ästhetischen Lernbereichs zu verbinden und dabei «Fähigkeiten zum Improvisieren» (Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen 2001, 4) zu unterstützen. Dennoch – so wurde sichtbar – braucht es dafür eine äusserst intensive Begleitung der Gestaltungsprozesse der Kinder, damit die Prozesse nicht als Spielerei, sondern als epistemische Prozesse wahrgenommen werden können (sich dafür selbst vorzubereiten, Prototypen zu entwickeln, s. Abb. 4-6, wird dafür als äusserst hilfreich eingeordnet). Die im Workshop angelegte Perspektive auch auf die digitalen Produktionsmittel wie den 3D-Drucker selbst zu richten (im Bildungsmodul nur instrumentell genutzt), wäre eine weitere Ebene, die gerade im Zusammenhang von Kunst und Automatisierung im Sinne einer *next art education* (vgl. Meyer 2017) im FabLab betreten werden kann.

Sollen Anschlüsse zwischen Grundschule und FabLab gelingen, stellen sich jedoch für den ästhetischen Lernbereich zwei Herausforderungen unabhängig vom konkreten Angebot: Ästhetisches Denken als Kontingenzdetektor (vgl. Badura 2011) anzunehmen, nicht aber mit einem Innovationsmotor für neue technische Lösungen gleichzusetzen, scheint insbesondere in dem bildungspolitisch als MINT-Lernraum profilierten Lernort FabLab nicht einfach. Beim Produzieren im FabLab nicht immer sofort auf Lösungen zu zielen, sondern Entwürfe auch als etwas zu verstehen, das die Bedingungen und Möglichkeiten digital imprägnierter Gestaltungsprozesse reflektieren (vgl. Fezer 2012, 41) kann, braucht nach den gemachten Erfahrungen sowohl vermehrte (design-)didaktische Überlegungen und eine bildungspolitische

Blickwende auf Effekte von Kreativitätsimperativen (vgl. z. B. Höfler 2018, 260) als auch ein Verständnis für einen Begriff des Ästhetischen, der über das ‹Schöne›²⁰ hinausgeht.²¹

7. Ausblick

Wenngleich für beide hier thematisierten Lernbereiche auf je unterschiedliche Weise Aspekte des gemeinsamen Tuns im FabLab anschlussfähig werden, lassen sich ästhetische und technische Zugänge zu und Aspekte von Dingen post-industrieller bzw. digitaler Produktion nur analytisch voneinander trennen. «Digitalität manifestiert sich nicht nur informationell-technisch, sondern gleichermassen ästhetisch-kulturell» (Jörissen und Unterberg 2019, 19). Das ästhetische Aufschliessen technischer Artefakte und deren digitale Weiterentwicklung, Farbe und Konstruktionsprinzipien, kulturelle Einbettung von Artefakten und die Wahl der produzierenden Maschinen bedingen sich gegenseitig – dies kann auch in Ansätzen schon für Grundschüler:innen in Erfahrung gebracht werden, was Beispiele wie die obigen zeigen. Dennoch würde eine engere Zusammenarbeit zwischen FabLabs und Grundschulen mit dem Wissen um die nicht trennbaren Sphären technischer und ästhetischer Gestaltung bedingen, einerseits über curriculare Lernbereichslogiken hinauszugehen, andererseits die Verschiedenheit von Gestaltungsprozessen (Tüfteln, Tinkern, Programmieren, Ausgestalten etc.) im FabLab als gleichwertig anzuerkennen.²² Design als «praktizierte Technikkritik in Form von gestalteten Dingen» (Geiger 2018, 111) und damit Design Education als verbindende Perspektive zwischen technischen und ästhetischen Fragen ins Spiel zu bringen (vgl. Dietzold 2016; Baynes 2008), könnte gerade für den auf lebensweltliche Bezüge angewiesenen Bereich der Primarbildung interessant sein. Designgegenstände als ästhetische Gegenstände zu rahmen und als Brücke zwischen Schule und FabLab, aber auch zwischen Sachunterricht und Ästhetik stärker in den Mittelpunkt zu stellen, könnte dann ggf. dabei helfen, neben dem Hineinwachsen in solutionistische Denkweisen (vgl. Nachtwey und Seidl 2020) auch zu kultivieren, «Probleme im Lichte ihrer Lösungen» (Feige 2018, 9) neu zu bestimmen.

20 «Wollt ihr noch etwas verschönern? Noch etwas drauf tun?» (Mitarbeiterin, Protokoll 29.04.22, 4).

21 Schwierigkeiten in der Formulierung ästhetischer Perspektiven in Abgrenzung zum rein Schönen im Kontext von FabLabs sind z. B. zu finden bei May und Clapp 2017.

22 Solchen Herausforderungen zu begegnen, bedeutet nicht nur für Schulen und Mitarbeitende in FabLabs, aktiv zu handeln, sondern auch für die Forschend-Gestaltenden (DBR), mutige Designentscheidungen zu treffen und damit das Feld mitzugestalten.

Literatur

- Adams Becker, Samantha Malcolm Brown, Eden Dahlstrom, Annie Davis, Kristi DePaul, Veronica Diaz, und Jeffrey Pomerantz. 2018. *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition*. Louisville, CO: EDUCAUSE. <https://library.educause.edu/~media/files/library/2018/8/2018horizonreport.pdf>
- Allert, Heidrun, und Michal Asmussen. 2017. «Bildung als produktive Verwicklung». In *Digitalität und Selbst*, herausgegeben von Heidrun Allert, Michael Asmussen und Christoph Richter, 27–68. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839439456-004>.
- Baar, Robert, und Gudrun Schönknecht. 2018. *Ausserschulische Lernorte: didaktische und methodische Grundlagen*. Reihe Bildungswissen Lehramt, Band 30. Weinheim, Basel: Beltz.
- Badura, Jens. 2011. «Ästhetische Dispositive». *Critica – Zeitschrift für Philosophie und Kunsttheorie*, Band II/2011, herausgegeben von Julia-Constance Dissel und Ferdinand Schwieger. 2–14.
- Baier, Andrea, Tom Hansing, Christa Müller, und Karin Werner. 2016. *Die welt reparieren: open source und selberrmachen als postkapitalistische praxis*. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839433775>.
- Baynes, Ken. 2008. Design education: what's the point? *Design and Technology Education: An International Journal* 11 (3).
- Baynes, Ken, und Eddie Norman, Hrsg. 2013. *Design Education. A Vision for the Future*. <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/1880>. Shephed: Loughborough Design Press.
- Beinbrech, Christina. 2022. «Problemorientierter Sachunterricht». In *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*, herausgegeben von Joachim Kahlert, Maria Fölling-Albers, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Susanne Miller, und Steffen Wittkowske, 3., überarbeitete Auflage, 417–22. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.36198/9783838588018>.
- Benner, Dietrich. 2015. *Allgemeine Pädagogik. Eine systematisch-problemgeschichtliche Einführung in die Grundstruktur pädagogischen Denkens und Handelns*. 8. Aufl. Weinheim u. a.: Beltz Juventa.
- Baxter, Ira D., und Michael Mehlich. 1997. «Reverse engineering is reverse forward engineering.» In *Proceedings of the Fourth Working Conference on reverse engineering*. IEEE. 104–13.
- Brandes, Uta, und Michael Erlhoff. 2006. *Non intentional design*. Köln: daab.
- Bredies, Katharina, 2014. *Gebrauch als Design: über eine unterschätzte Form der Gestaltung* (Vol. 5). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839428801>.
- Brohl, Christiane. 2003. *Displacement als kunstpädagogische Strategie: Vorschlag einer heterotopie- und kontextbezogenen Diskurspraxis des Lehrens und Lernens*. Norderstedt: BoD.
- Demmler, Katrin, und Bernd Schorb, Hrsg. 2019. «Making und Medienpädagogik». *merz* 04/19. München: kopaed. <https://doi.org/10.21240/merz/2019.4.X>.

- Design-Based Research Collective. 2003. «Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry». *Educational researcher* 32 (1): 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>.
- Dickel, Sascha. 2019. *Prototyping Society: zur vorauseilenden Technologisierung der Zukunft*. Bielefeld: University Press. <https://doi.org/10.14361/9783839447369>.
- Dölle, Swantje. 2021. «Stabilität bei technischen Gebilden: Die Funktion von Streben im Fachwerkgefüge». In *Die technische Perspektive konkret. Begleitband 5 zum Perspektivrahmen Sachunterricht*, herausgegeben von Kornelia Möller, Claudia Tenberge und Mareike Borhmann, 21–34. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:21532>.
- Ehn, Pelle. 2008. «Participation in design things». *Participatory Design Conference*, 92–101.
- Euler, Dieter. 2014. «Design Principles als Kristallisationspunkt für Praxisgestaltung und wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung.» *Design-based research* 27 (1): 97–112. <https://doi.org/10.25162/9783515108416>.
- Faltermaier, Antonia. 2018. «Design Gone Wrong – so schön sind nutzlose Alltagsgegenstände». *AD-Magazin*. <https://www.ad-magazin.de/article/kamprani-uncomfortable-collection>.
- Feige, Daniel Martin. 2018. *Design: eine philosophische Analyse*. Berlin: Suhrkamp. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-201801305204>.
- Fezer, Jesko. 2012. «Experimentelles Design». *Lerchenfeld* 13: 39–41. http://www.design.hfbk-hamburg.de/upload/Lerchenfeld_13_201111_01.pdf.
- Geiger, Annette. 2018. *Andersmöglichsein. Zur Ästhetik des Designs*. Vol. 41. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839444894>.
- GDSU (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts). Hrsg. 2013. *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Vollständig überarbeitete und Erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Graube, Gabriele. 2018. «Erfinden, Entdecken, Enttarnen: Didaktische Leitfragen für die Auseinandersetzung für die Basiskonzepte der Technik». In *Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven*, herausgegeben von Ingelore Mammes, 22–44. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Graube, Gabriele, und Ingelore Mammes. 2015. «Kinder in ihrer Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen und technischen Lebenswelt. Ein didaktisches Konzept zur Unterstützung früher Bildungsprozesse». In *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung «Haus der kleinen Forscher»*, herausgegeben von Graube, Gabriele, Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack, Ingelore Mammes, Ortwin Renn, und Christian Wiesmüller, 290–303, Bd. 7, Schaffhausen: SCHUBI Lernmedien AG.
- Hackbarth, Yvonne. 2021. «Technisches Lernen in der Grundschule. Eine Perspektive des Sachunterrichts». *Praxis Grundschule* 2/2021, 6–8.

- Heinzel, Viktoria und Tobias Seidl. 2020. «Perspektiven der Makerbewegung. Historische Entwicklung und zentrale Dimensionen». In *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Viktoria Heinzel, Tobias Seidl, und Richard Stang, 9–18. Berlin, Boston: Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-002>.
- Höfler, Carolin. 2019. «Provozieren. Unwiederholbare Experimente. Entwerfen zwischen Grenzziehung und Überschreitung». In *Experimentieren*, herausgegeben von Séverine Marguin, Henrike Rabe, Wolfgang Schöffner, und Friedrich Schmidgall, 247–62. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839446386>.
- Hörning, Karl H. 2012. «Praxis und Ästhetik: Das Ding im Fadenkreuz sozialer und kultureller Praktiken». In *Das Design der Gesellschaft: Zur Kulturosoziologie des Designs*, herausgegeben von Stephan Moebius und Sophia Prinz, 29–47. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839414835>.
- Imrie, Rob, und Kim Kullman. 2016. «Designing with care and caring with design». In *Care and design: Bodies, buildings, cities*, herausgegeben von Charlotte Bates, Rob Imrie und Kim Kullman, 1–17. John Wiley & Sons.
- Jörissen, Benjamin, und Lisa Unterberg. 2019. «Dikubi-Meta [Tp1]: Digitalität und Kulturelle Bildung». In *Forschung zur Digitalisierung in der Kulturellen Bildung*, herausgegeben von Benjamin Jörissen, Stephan Kröner, und Lisa Unterberg, 11–24. München: kopaed. <https://doi.org/10.25656/01:18486>.
- Kleeberger, Julia und Franziska Schmid. 2019. «Making ist das neue Lernen. Erfindergeist wecken mit digitalen Werkzeugen». In *Chance Makerspace. Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 103–18. München: kopaed. <https://doi.org/10.57668/phtg-000166>.
- Knaus, Thomas, und Jennifer Schmidt. 2020. «Medienpädagogisches Making: ein Begründungsversuch». *Medienimpulse* 58 (4): 50 Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-04>.
- Kosack, Walter, Maja Jeretin-Kopf und Christian Wiesmüller. 2015. «Zieldimensionen technischer Bildung im Elementar- und Primarbereich». In *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung «Haus der kleinen Forscher»*, herausgegeben von Graube, Gabriele, Maja Jeretin-Kopf, Walter Kosack, Ingelore Mammes, Ortwin Renn, und Christian Wiesmüller, 30–157, Bd. 7, Schaffhausen: SCHUBI Lernmedien.
- Kraus, Anja. 2013. «Was zeigen uns die Dinge? Lernen als Displacement». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16: 153–70. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0418-9>.
- Kraus, Anja, und Lars Palm. 2017. «Displacement as a Didactical Strategy: How to use contemporary art methods in school education». In *ECER 2017: Reforming Education and the Imperative of Constant Change: Ambivalent roles of policy and educational research*, 22–25. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:se:lnu:diva-68593>.

- Landwehr, Brunhild, Ingelore Mammes, und Lydia Murmann. 2021. «Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule – elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt. Editorial». In *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule –elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt?*, herausgegeben von Brunhild Landwehr, Ingelore Mammes und Lydia Murmann, 7–10. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/5869>.
- Lange, Bastian, Suntje Schmidt, und Janet Merkel. 2020. «Governanceformen von Makerspaces». In *Lernwelt Makerspace*, 19–32. Berlin, Boston: De Gruyter Saur. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-003>.
- Lanz, Bernhard. 2021. «Warum fällt der schiefe Turm von Pisa nicht um? Planen und Bauen von Türmen», *Praxis Grundschule*, H. 2, 10–17.
- Leeker, Martina. 2018. «(Ästhetische) Vermittlung 2.0. Von Kunst-/Vermittlung und Kritik in digitalen Kulturen». *Kunstpädagogische Positionen* 40/2018. https://kunst.uni-koeln.de/_kpp_daten/pdf/KPP40_Leeker.pdf.
- Leleu, Clemence. 2020. «Chindogu, the Genius of Unusable Objects». *Pen-Online*. <https://pen-online.com/design/chindogu-the-art-of-subverting-useful-objects/>.
- Mammes, Ingelore, Monika Zolg, und Swantje Dölle. 2022. «Technische Aspekte». In *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*, herausgegeben von Joachim Kahlert, Maria Fölling-Albers, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Susanne Miller, und Steffen Wittkowske, 3., überarbeitete Auflage, 157–163. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.36198/9783838588018>.
- May, Sarah, und Edward Clapp. 2017. «Considering the role of the arts and aesthetics within maker-centered learning». *Studies in Art Education* 58 (4): 335–50. <https://doi.org/10.1080/00393541.2017.1368287>.
- Macgilchrist, Felicitas. 2017. «Die medialen Subjekte des 21. Jahrhunderts: Digitale Kompetenzen und/oder critical digital citizenship». In *Digitalität und Selbst*, herausgegeben von Heidrun Allert, Michael Asmussen und Christoph Richter, 145–88. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839439456-008>.
- Meissner, Stefan. 2020. «Maker-Literacy: Welche Literalität evoziert die Makerkultur?». *Medienimpulse* 58 (4): 32-Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-23>.
- Meissner, Stefan. 2022. «Maker-Literacy. Komplexitätskompetenz durch Maker-Education». In *Medienpädagogik* 18 (Jahrbuch Medienpädagogik), 291–305. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb18/2022.02.28.X>.
- Meyer, Thorsten. 2017. «Next art education: Eight theses future art educators should think about». *International journal of education through art* 13 (3): 369–84. https://doi.org/10.1386/eta.13.3.369_1.
- Möller, Kornelia. 2012. «Was macht eine Balkenbrücke stabil? Technisches Konstruieren und Experimentieren mit Papier». *Sache – Wort – Zahl* 126: 22–26.

- Nachtwey, Oliver, und Timo Seidl. 2020. *The solutionist ethic and the spirit of digital capitalism*. 1-51. <https://doi.org/10.31235/osf.io/sgjzq>.
- Noll, Willy. 2021. «Ästhetische Erfahrung als produktive Enttäuschung–Entwurf eines (kunst-)pädagogischen Making». In *Algorithmic and Aesthetic Literacy: Emerging Transdisciplinary Explorations for the Digital Age*, herausgegeben von Lydia Schulze und Christian Fink, 117–33. Berlin, Toronto: Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84742428>.
- Petruschat, Jörg. 2019. «Prototyping». In *Experimentieren*, herausgegeben von Séverine Marguin, Henrike Rabe, Wolfgang Schäffner und Friedrich Schmidgall, 227–46. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839446386>.
- Reich, Kersten. 2005. *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik*. Weinheim u. Basel: Beltz.
- Reinmann, Gabi, und Werner Sesink. 2014. «Begründungslinien für eine entwicklungsorientierte Bildungsforschung». In *Jahrbuch Medienpädagogik 10*, herausgegeben von Anja Hartung, Bernd Schorb, Horst Niesyto, Heinz Moser, und Petra Grell, 75–89. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-04718-4_4.
- Rheinberger, Hans-Jörg. 2016. «Das Problem von Design in der Forschung». In *Eigenlogik des Designs*, herausgegeben von Gerhard Buurman und Marc Rölli, 133-138. Niggli.
- Röhner, Charlotte. 2021. «Frühe technische und informatorische Bildung im Elementar- und Primarbereich». In *Handbuch Kindheit, Technik und das Digitale*, herausgegeben von Rita Braches-Chyrek, Charlotte Röhner, Jo Moran-Ellis, und Heinz Sünker, 355–79. Opladen, Toronto: Barbara Budrich.
- Schachtner, Christina, Hrsg. 2014. *Kinder und Dinge. Dingwelten zwischen Kinderzimmer und FabLabs*. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839425534>.
- Schleicher, Dennis, Peter Jones, und Oksana Kachur. 2010. «Bodystorming as embodied designing». *interactions* 17 (6): 47–51. <http://doi.acm.org/10.1145/1865245.1865256>.
- Schomaker, Claudia. 2018. «Bauen und Konstruieren – Problemlösendes Lernen im technischen Sachunterricht». *Grundschule Sachunterricht* 78: 2–6.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2017. «Die Maker-Bewegung macht Schule: Hintergründe, Beispiele sowie erste Erfahrungen». In *Handbuch Kompetenzentwicklung im Netz*, herausgegeben von John Erpenbeck, und Werner Sauter, 257–70. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. <https://doi.org/10.34156/9783791037943>.
- Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen, Hrsg. 2001. *Ästhetik– Rahmenplan für die Primarstufe*. <https://www.lis.bremen.de/schulqualitaet/curriculumentwicklung/bildungsplaene/primarstufe-15222>
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2020. «Ziele von Makerspaces. Didaktische Perspektiven». In *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl, und Richard Stang, 33–47. Berlin, Boston: Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-004>.

- Schütte, Florian. 2022. «Freies Explorieren als Umgangsweise mit Welt». In *www.widerstreit-sachunterricht.de* 27: 16 Seiten. <https://doi.org/10.25673/92543>.
- Sharples, Mike, Patrick McAndrew, Martin Weller, Rebecca Ferguson, Elizabeth FitzGerald, Tony Hirst und Mark Gaved. 2013. *Innovating Pedagogy 2013: Open University Innovation Report 2*. Milton Keynes: The Open University. https://ou-iet.cdn.prismic.io/ou-iet/ccc86d85-4101-4c12-aef3-26174411e489_innovating-pedagogy-2013.pdf.
- Siewert, Jörg. 2021. «4K– eine kritische Einführung». *Pädagogik* 12/21, 6–8. Beltz.
- Stiftung Sommerakademie im Zentrum Paul Klee. 2016. «Von der Kunst ins Leben und zurück». <http://www.sommerakademie.zpk.org/de/fruehere-akademien/2011/thema.html>.
- Vogl, Joseph. 2008. *Über das Zaudern*. Zürich: diaphanes.
- Zirfas, Jörg. 2018. «Ästhetische Erfahrung». In *Kritische Lebenskunst: Human-, sozial- und kulturwissenschaftliche Analysen und Strategien*. Herausgegeben von Günter Götde, und Jörg Zirfas, 134–42. Stuttgart: Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-04644-4_19.
- Zirfas, Jörg. 2019. «Smart Things. Über Design und Bildung». In *Pädagogik im Verborgenen: Bildung und Erziehung in der ästhetischen Gegenwart*, herausgegeben von Clemens Bach, 119–40. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21891-1_6.
- Zolg, Monika. 2020. «Bauen – ein stabiles Thema im Sachunterricht. Mit Kindern statisch-konstruktive Grundprinzipien entdecken». *Sachunterricht Weltwissen* 3: 6–7.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Zusammen.machen – Schulen bei der Einrichtung eines Makerspace systemisch unterstützen

**Ein Praxisbericht aus prozessbegleitender Perspektive zur
Implementierung von «Makerhubs» an elf Schulen in Hamburg**

Johanna Tewes¹  und Kerstin Boveland¹

¹ Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg

Zusammenfassung

In dem Pilotprojekt «Makerhubs» wurden elf Schulen von der Stabsstelle Digitalisierung der Hamburger Schulbehörde bei der Einrichtung eines Makerspaces begleitet und durch Ressourcen unterstützt. Das Projekt startete im Schuljahr 2021/22 und endete im Sommer 2023. Die im Rahmen dieser Prozessbegleitung gemachten Erfahrungen werden in diesem Beitrag näher beschrieben. Hierzu wird zunächst dargestellt, welches grundlegende Verständnis von Makerspaces im Kontext von schulischer Lernraumgestaltung und Kompetenzentwicklung dem Projekt zugrunde liegt und welche konkreten Ziele verfolgt wurden. Darauf aufbauend werden die einzelnen Module der Makerhubs mit Umsetzungsbeispielen aus der schulischen Praxis näher erläutert. Anschliessend erfolgt eine Darstellung der Herausforderungen und Gelingensbedingungen, die ein auf Offenheit, Kollaboration und Vernetzung angelegter Prozess wie dieser mit sich gebracht hat.

Making.together – Systemically Supporting Schools in Setting up a Makerspace. A Practical Report from a Process-Accompanying Perspective on the Implementation of «Makerhubs» at Eleven Schools in Hamburg

Abstract

The Digitisation Unit of the Hamburg School Authority has motivated and enabled eleven schools to set up their own makerspaces. The project started in summer 2021 and ended in summer 2023. Participating schools received guidance and support from members of the school authority, as well as resources to plan and equip their own makerspaces. In this article, we will describe in detail our first-hand experience of running our plan in a regulatory context. Firstly, we will outline the basic understanding of makerspaces when it comes to designing learning spaces and developing skills in them. This is not without mentioning our aims and objectives for this project. Based on this, we will explain the

types of activities and technologies we focused on for our schools. We will then give examples of how our schools implemented their respective makerspaces. This is followed by a description of the challenges we faced in a process based on openness, collaboration and networking. Finally, we will identify conditions for success in setting up makerspaces in schools.

1. Warum Makerspaces in der Schule?

Nicht zuletzt die bildungspolitischen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie haben mit Blick auf die Schul- und Unterrichtsentwicklung verstärkt Anlass dazu gegeben, über die Gestaltung von schulischen Bildungsprozessen neu nachzudenken. So konnte etwa mit Blick auf Hamburg festgestellt werden, dass durch die pandemiebedingte Umstellung auf Distanz- und Hybridunterricht nicht nur ein verstärkter Einsatz digitaler Tools zur Unterrichtsgestaltung stattgefunden hat, sondern durch die Verwendung onlinebasierter Tools zur Interaktion und Kommunikation insgesamt Entwicklungsprozesse in den Schulen angestoßen wurden (Böhmer und Tewes 2021). Deren innovatives Potenzial soll durch behördliche Unterstützungsformate weiter gefördert und durch prozessbegleitende Massnahmen systemisch ausgebaut werden. Hierbei geht es nicht darum, nach dem «Mehrwert» technologischer Entwicklungen für die Unterrichtsgestaltung zu fragen und Schulen allein zu diesem Zweck mit digitalen Werkzeugen auszustatten (Krommer 2021). Vielmehr soll Schule so weiterentwickelt werden, dass sie auf ein Leben in einer «Kultur der Digitalität» (Stalder 2016) vorbereitet. Diese Perspektive behält die mit der Digitalisierung aller Lebensbereiche verbundenen kulturellen Wandlungsprozesse im Blick, die in vielfältiger Weise auf das System Schule zurückwirken und einen entsprechenden Kompetenzerwerb im Sinne der 21st Century Skills notwendig machen (Maurer und Ingold 2021, 10–13).

Hier ergibt sich eine zentrale Schnittstelle zum «Making». Nach Maurer und Ingold setzt dieser Begriff das neigungsorientierte Selbst-Tun im Sinne kreativer, kollaborativer und interdisziplinärer Arbeitsprozesse unter Einbezug analoger und digitaler Technologien und Produktionsverfahren ins Zentrum. Dies geschieht innerhalb eines geschützten Rahmens und meist in Verbindung mit Formen des projektorientierten, explorativen, forschenden und problemorientierten Lernens. Hierbei werden interessengeleitet eigene Fragestellungen entwickelt und umgesetzt (ebd., 12). Dies erhöht die Motivation und bietet Selbstwirksamkeitserfahrungen, da sich die Lernenden als Gestaltende begreifen können. Sackgassen und Irrwege werden dabei ganz selbstverständlich als Teil des Lernprozesses verstanden und die entstehenden Produkte wie auch deren Funktionen werden als möglichst offen, vielfältig und ressourcenschonend gedacht. Das spielerische, handlungsorientierte und/oder

lösungsorientierte Erproben und Weiterentwickeln von selbst hergestellten Produkten und Prototypen ist hierbei ebenso wichtig wie der Austausch mit anderen vor Ort und die Reflexion über das Erlebte (Knaus und Schmidt 2020).

Offene Lernformen, die dem Handlungsprinzip der Exploration, des Prototypings und des kreativen Problemlösens folgen, sind in Hamburg bereits unter dem Begriff des «Forschenden Lernens» an vielen Grundschulen und weiterführenden Schulen etabliert. Diese Formate brauchen Raum und schulkulturell verankerte Strukturen, um sich langfristig entfalten zu können. Makerspaces bieten einen idealen Ort, um diesem Handlungsprinzip zu folgen, offene Lernsettings in den Schulalltag inklusive Ganztagsgestaltung zu integrieren und mit dem Erwerb digitaler Kompetenzen zu verbinden. So wird mit Blick auf die 21st Century Skills angenommen, dass «Lernende in Makerspaces produktiv zusammenarbeiten, sich gegenseitig inspirieren und kreativen Selbstausdruck und Reflexionsfähigkeit zeigen» (Maurer und Ingold 2021, 12).

2. Ziele des Projekts «Makerhubs»

Basierend auf den eingangs erläuterten theoretischen Überlegungen hat die Stabsstelle Digitalisierung der Hamburger Schulbehörde im September 2021 ein Projekt initiiert, das zunächst elf Schulen prozessbegleitend dabei unterstützt, einen Makerspace bzw. «Makerhub» – wie dieser Ort im Rahmen des Hamburger Schulprojekts genannt wird – an ihrer Schule einzurichten. Damit einhergehend waren die teilnehmenden drei Grundschulen, fünf Stadtteilschulen und drei Gymnasien dazu aufgefordert, ein begleitendes pädagogisch-didaktisches Konzept zur Nutzung ihres Makerhubs zu entwickeln. Der hier beschriebene Projektzeitraum war bis Juli 2023 angelegt. Dabei handelt es sich um ein Folgeprojekt, das aus den Erfahrungen des Hamburger Programms «Digital macht Schule» hervorgegangen ist. All diesen Initiativen liegt der Gedanke zugrunde, dass eine Digitalisierung von Schule nicht auf eine technische Ausstattung mit digitalen Endgeräten beschränkt bleiben darf, sondern dieser Prozess immer in Kombination mit weiteren Stellschrauben der Schul- und Unterrichtsentwicklung und der Fortbildung gedacht und entwickelt werden muss. Konkret zu nennen sind hier neben der schulspezifischen Entwicklung von Konzepten zur längerfristigen Implementierung und Nutzung digitaler Technologien, beispielsweise Mikrofortbildungen in Formaten wie Barcamps oder «DigiSnacks» für das Kollegium, um flexibel und erfahrungsbezogen auf Fortbildungsbedarfe eingehen zu können und durch gemeinsam entwickelte Beispiele Hürden und Vorbehalte gegenüber dem Einsatz digitaler Technologien im Unterricht abzubauen.

Vor diesem Hintergrund ist es ein zentrales Ziel des Projekts, die teilnehmenden Schulen darin zu unterstützen, auf Grundlage ihrer Schülerschaft den Besonderheiten des Standorts und ihres schulindividuellen Profils für sie passende und selbst

gesteckte fachliche, überfachliche und pädagogische Szenarien zu entwickeln, die in einem Makerhub realisiert und dauerhaft in den Schulalltag integriert werden können. Dieses Konzept beruht auf der Grundlage, dass Hamburgs allgemeinbildende Schulen seit 2006 selbstverantwortet sind. Dies wird von behördlicher Seite durch vielfältige Unterstützungsangebote begleitet, die die Eigenaktivitäten der Schulen fördern und ihnen einen Gestaltungsspielraum eröffnen, um im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben vor Ort passende Lösungen und Perspektiven für eine zeitgemäße Bildung zu entwickeln. Dabei stehen in diesem Projekt auf der Ebene der Unterrichtsentwicklung als behördlichem Steuerungsimpuls der Einsatz digitaler Technologien in Verbindung mit Formen des offenen Unterrichts, des projektorientierten und forschenden Lernens sowie das eigenverantwortliche Tun im Sinne der «Maker Education» im Vordergrund. Die dazu entwickelten Konzepte sollen sich an den bereits vorhandenen Schwerpunkten und Profilen der Schulen orientieren und eine an die jeweiligen Standorte, Bedürfnisse und Entwicklungsinteressen angepasste räumliche und technologische Planung eines Makerspaces ermöglichen.

Durch dessen Nutzung soll ein Kompetenzerwerb entlang der KMK-Strategiepapiere zur «Bildung in der Digitalen Welt» (KMK 2017 und 2021) gefördert werden. Neben einer Anschlussfähigkeit an fachbezogene Bildungsplaninhalte können zudem Bezüge zu überfachlichen Themen wie dem Bereich «Bildung für nachhaltige Entwicklung» (BNE) (Deutsche UNESCO-Kommission 2000), der Begabungsförderung oder der Berufs- und Studienorientierung (BOSO) hergestellt werden. Darüber hinaus wurde angeregt, auch bereits bestehende Räumlichkeiten und Konzepte an Hamburger Schulen, wie z. B. die Arbeit in Holz-, Metall- oder Textilwerkstätten in die Gestaltung der Makerhubs mit einzubeziehen.

Orientiert an der Feststellung, dass in Makerspaces «der Gemeinschaftsgedanke von zentraler Bedeutung» ist (Aufenanger et al. 2017, 5), war es ein weiteres Ziel der Prozesssteuerung, dass im Rahmen des Projekts an den teilnehmenden Schulen nicht nur überlegt werden sollte, wie Schüler:innen in einem Makerspace im Sinne der Kompetenzen «Kommunizieren und Kooperieren» (KMK 2017, 11) gut zusammen arbeiten können, sondern auch, wie die gesamte Schulgemeinschaft in diesen Prozess integriert werden kann. Ein weiteres zentrales Merkmal des Projekts war es, auf dieser Basis den teilnehmenden Lehrkräften die Gelegenheit zu geben, über die eigenen Schulgrenzen hinaus Erfahrungen mit kollaborativen Arbeits- und Austauschformaten zu sammeln und sich mit Gleichgesinnten anderer Schulen zu vernetzen. Im Zuge dessen soll an Hamburgs Schulen der Aufbau und Anschluss an eine «Community of Practice» (Wenger 1998) als eine Gemeinschaft von Maker:innen etabliert werden» (Schmidt et al. 2021, 165), um Erfahrungen und Expertisen zu teilen und wechselseitig voneinander und miteinander zu lernen. Damit verbunden war das Ziel, dass eine positive Einstellung zu kollaborativen Prozessen in die Schulen zurückwirken und strukturell in den Schulalltag integriert werden kann. Da es sich

bei der Implementierung eines Makerspace um ein Vorhaben handelt, das bisher im Hamburger Schulalltag wenig erprobt wurde, kann es besonders vor diesem Hintergrund in Rückbezug auf Berkemeyer et al. entscheidend sein, dass Netzwerken im Schulsystem eine «berufsstützende» Funktion zukommt. Sie können im oben beschriebenen Sinne zur Professionsentwicklung beitragen und ihnen wird zudem das Potenzial zugeschrieben, Innovationen zu fördern und deren Transfer zu ermöglichen (Berkemeyer et al. 2008, 5). Diese Aspekte sollten im Kontext der Projektorganisation durch den Aufbau entsprechender schulübergreifender Vernetzungsstrukturen ebenso wie die Vernetzung der teilnehmenden Schulen mit ausserschulischen Lernorten sowie weiteren digitalisierungsbezogenen Veranstaltungen der Schulbehörde unterstützt werden.

Mit diesen Zielen verbunden ist darüber hinaus die Intention, Kollaborationsprozesse anzustossen, die über Formate kollegialer Kooperation hinausgehen. Terkessidis definiert diesen Unterschied wie folgt:

«Bei Kooperation treffen verschiedene Akteure aufeinander, die zusammenarbeiten und die sich nach der gemeinsamen Tätigkeit wieder in intakte Einheiten auflösen. Kollaboration meint dagegen eine Zusammenarbeit, bei der die Akteure einsehen, dass sie selbst im Prozess verändert werden und diesen Wandel sogar begrüßen.» (Terkessidis 2015, 14)

Somit war es für den gesamten Prozess entscheidend, dass nicht nur die Schüler:innen, sondern alle Beteiligten als Lernende begriffen werden (Meyer-Drawe 2012), die sich in neuen Rollen, etwa als Raumplaner:innen, inhaltliche und strukturelle Mitgestalter:innen, Netzwerker:innen und aktiv Teilgebende ausprobieren und finden mussten.

3. Konzeption der «Makerhubs» und Beispiele für deren Umsetzung

Im Allgemeinen beschreibt der Begriff Makerspace multifunktional zu nutzende Räume, in denen Lernende neben herkömmlichen Werkzeugen aller Art besonders gestaltungsorientierte digitale Technik zur Verfügung gestellt bekommen. Die Einrichtung und Ausstattung von Makerspaces kann nach diesem weit gefassten Verständnis unterschiedlichen Zielsetzungen folgen. Es gibt viele denkbare Wege, um Lern- und Unterrichtsinhalte mit einem Makerspace als konkretem Ort in der Schule zu verbinden und diesen gleichzeitig durch Internetzugang und die begleitende Nutzung eines Lernmanagementsystems (LMS) flexibel in den virtuellen Raum auszuweiten. Hierbei wird eine kategorische Trennung von digitalen und analogen Räumen für schulische Bildungskontexte zunehmend obsolet, da sich spätestens durch eine pandemiebedingt verstärkte Nutzung von onlinebasierten Tools und die daran geknüpften Möglichkeiten der synchronen und asynchronen Kommunikation und

Interaktion besonders Makerspaces als Lernräume konzipieren lassen, in denen sich physische und digitale Lehr-Lernszenarien vielfältig durchdringen und bedürfnisorientiert ergänzen können (Rummler 2014).

Bezüglich der Raumausstattung der Makerhubs ist das Projekt auf sechs inhaltliche Module fokussiert. Diese sind: 1. 3D-Druck, 2. Fashion/Textil, 3. Podcast/Audio, 4. Greenscreen, 5. Coding/Robotik und 6. Garten/Natur (Abb. 1). Sie können je nach Schulkonzept variabel aufgebaut, erweitert oder miteinander verbunden werden.

Die genannte Auswahl der Module ergibt sich zum einen auf der Grundlage mehrjähriger Erfahrungen, die die Projektinitiator:innen an ihren eigenen Schulen sowie im schulübergreifenden Austausch in Onlinenetzwerken und Barcamps zum Aufbau von Makerspaces in unterschiedlichen Kontexten gemacht haben. Zum anderen bilden die ausgewählten Module zahlreiche Anschlussmöglichkeiten an die Bildungspläne und wurden aufgrund ihrer Lebensweltorientierung als gut umsetzbar und flexibel in den Schulalltag integrierbar eingestuft.



Abb. 1: Screenshot der Darstellung der Module zur Raumausstattung im LMS-Kurs des «Makerhub»-Pilotprojekts der Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg.

Nachfolgend werden einige Beispiele zur Verknüpfung der ausgewählten Module mit den zu erwerbenden Kompetenzen aus den KMK-Strategiepapieren näher erläutert. So lässt sich etwa der Bereich «Produzieren und Präsentieren» besonders gut in den Modulen der Medienproduktion umsetzen (KMK 2017, 11–12). Folglich haben alle teilnehmenden Schulen mindestens eines der Module «Podcast/Audio» oder «Greenscreen» in ihren Makerhub integriert. In diesen Bereichen kann durch die Bereitstellung von Digitalkameras, Mikrofonen, Stativen, VR-Brillen sowie Software und Apps zur Herstellung und Bearbeitung von Bildern, Filmen, Sounds oder Elementen für Augmented- oder Virtual-Reality-Anwendungen an der Erstellung vielfältiger multimedialer Produkte gearbeitet werden. So entstand etwa an einer Schule, die bereits über verschiedene Werkstätten verfügte und diese nach dem

Making-Prinzip bisher als Raum für handwerkliche Tätigkeiten genutzt hatte, ein ergänzender «Mindspace». Darin soll zukünftig digital und mental im Bereich der Konzept- und Medienproduktion gearbeitet werden. Auch die Kompetenzen «Analysieren und Reflektieren» (ebd., 13) werden hier einbezogen. Dies umfasst Reflexionen über die systemlogische Beschaffenheit sowie den handlungs- und erfahrungsbezogenen Umgang mit digitalen Technologien ebenso wie Fragen nach deren gesellschaftlichen Auswirkungen und einer am Gemeinwohl orientierten Gestaltung (Schmidt et al. 2021, 166).

In den Modulen «Coding/Robotik» und «3D-Druck» können u. a. die Kompetenzbereiche «Schützen und sicher agieren», «Suchen, verarbeiten und aufbewahren» sowie «Problemlösen und Handeln» (KMK 2017, 10 und 12–13) trainiert und beispielsweise mit Methoden des «Design Thinkings» verbunden werden. So verwendet eine weiterführende Schule mit Blick auf eine nachhaltige Nutzung eine mit einem 3D-Drucker erstellte Druckerpresse, die nun dauerhaft für traditionelle analoge Druckverfahren im Kunstunterricht zum Einsatz kommt. Darüber hinaus berücksichtigt dieses Modul das Angebot der Hamburger Bücherhallen. Dieses ermöglicht es Hamburger Schulen, kostenlos Roboter in Klassensätzen auszuleihen und die Arbeit mit diesen im Makerhub zu erproben. Anschliessend können die Schulen entscheiden, ob eine Anschaffung von Robotern für die Schule sinnvoll ist. Lehrer:innen können sich innerhalb des Angebots für den Einsatz der Roboter fortbilden lassen.

Das Modul «Garten/Natur» zielt vor allem auf eine Übertragung des Making-Gedankens auf eine Lernumgebung, die eine in die Hamburger Bildungspläne integrierte Arbeit zur BNE ermöglicht. Damit einhergehend wurden die Schulen ausdrücklich ermutigt, auch die Aussenflächen des Schulgeländes als Teil ihres Makerhubs mitzudenken. Besonders im urbanen Umfeld bietet ein «Outdoor Makerhub» Anlässe, gemeinsam mit den Schüler:innen nachhaltig zu handeln und auf vielfältige Weise mit dem vorgefundenen oder selbst angelegten Umfeld sowohl leiblich als auch mithilfe computergestützter Technologie in Interaktion zu treten. So hat eine teilnehmende Schule aus ihrem auf Medienproduktion ausgerichteten Makerhub einen Durchbruch auf eine freie Aussenfläche vornehmen lassen. Dort entsteht zum einen ein «grünes Klassenzimmer». Damit sind Sitzmöbel im Aussenbereich gemeint, die ermöglichen, den Unterricht dorthin zu verlegen und somit einen Beitrag für ein gesundes und abwechslungsreiches Lernumfeld zu leisten. Zum anderen sollen dort Pflanzungen zum Erhalt der Artenvielfalt vorgenommen werden.

Eine teilnehmende Grundschule hat einen Durchgang aus dem Makerhub geplant, über den die Kinder direkt in den Aussenbereich gelangen, um dort ihren forschenden Fragen im Sachunterricht nachgehen zu können. Im Innenraum gibt es ein Matsch-Waschbecken, das dazu einlädt, die gesammelten Proben und Materialien

aus dem Aussenbereich weiter zu erforschen, ohne Abflüsse zu verstopfen und Chaos anzurichten. Aussen- und Innenraum ergänzen sich so zu einem idealen Ort des Forschens und Entdeckens.

Darüber hinaus wurden mobile Module wie ein «Makerhub to go» entwickelt. Dieses Format ermöglicht einen niedrigschwelligen Zugang zum Thema, denn hierfür muss nicht erst ein ganzer Raum eingerichtet, bespielt und gepflegt werden, sondern Lehrende oder (ausgewählte) Schüler:innen können sich je nach Bedarf eine an einem zentralen Ort gelagerte mobile Einheit des Makerhubs, zum Beispiel zur Audio- und Videoproduktion, buchen und anschliessend in einer tragbaren Box verpackt ausleihen. Besonders in einer Stadt wie Hamburg, in der die Schüler:innenzahlen stark ansteigen und somit Raum in Schulen knapp wird, sind solche Ideen und deren Umsetzung eine Möglichkeit, um auch ohne festen Raum einen Ort zu schaffen, an dem Maker Education etabliert werden kann. Wie solche mobilen Einheiten inklusive Nutzungsanleitung und möglichen Einsatzszenarien (Abb. 2) gelagert und gebucht werden können, dazu wurden im Laufe des Projekts unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten von den Schulen entwickelt. Als Lagerorte kamen sowohl Fachräume als auch die Schulbibliothek oder Schränke in der Nähe des Sekretariats in Betracht. Eine Projektschule hat in ihrem LMS spezielle Kurse zu den verfügbaren «Makerhub to go»-Modulen erstellt. Diese enthalten anschauliche Informationen sowie Tipps für Lehrende und Lernende und sollen durch eine ermutigende Ansprache und anschauliche visuelle Aufbereitung zu deren Nutzung befähigen. Auch die Buchung erfolgte über eine hierfür abgewandelte Kalenderfunktion im LMS.

Einen Stop-Motion Film erstellen

Stop-Motion ist eine Filmtechnik. Die Bewegung der Objekte und Personen wird dadurch hergestellt, dass Einzelaufnahmen von unbewegten Objekten angefertigt werden. Die Objekte und Personen werden nach jedem Foto geringfügig verändert. Durch das schnelle Hintereinanderreihen dieser Bilderreihen entsteht die Illusion einer Bewegung.

Bevor es losgeht, musst du entscheiden, wie du den Stop-Motion-Film darstellen willst: in 2D oder 3D.

<p>in 2D  (Legofilm)</p> <hr/> <p>Der Legetrick ist die einfachste Technik einen kurzen Film herzustellen. Die Figuren und Hintergründe liegen flach auf einer Arbeitsfläche und werden per Hand verschoben. Die Kamera nimmt von oben Bild für Bild auf. Am besten werden zwischen den Bildern nur kleine Veränderungen vorgenommen, damit die Bewegungen möglichst flüssig erscheinen.</p>  <p>Klicke hier für zwei Filmbeispiele!</p>	<p>in 3D </p> <p>Bei der 3D-Technik filmt die Kamera von der Seite. Die Figuren sind dreidimensional und bewegen sich im Raum. Das können selbstgebastelte Gegenstände und Körper (z.B. aus Knete) sein, oder z.B. Legofiguren. Der Hintergrund kann aus mehreren Bildern bestehen oder ebenfalls in 3D gestaltet sein. Wichtig ist hierbei, dass die Kamera immer von der gleichen Position aufnimmt.</p>  <p>Klicke hier für zwei Filmbeispiele!</p>
---	--

Abb. 2: Beispielanleitung zur Erstellung eines Stop-Motion-Films aus dem Modul «Makerhub to go» im LMS-Kurs des «Makerhub»-Pilotprojekts der Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg.

Ergänzend zur räumlichen Verankerung der beschriebenen Module wurde angeregt, die Kompetenzförderung in den Bereichen «Analysieren und Reflektieren» sowie «Problemlösen und Handeln» (KMK 2017, 12–13) in der räumlichen Planung zu berücksichtigen. Diese sind fester Bestandteil der im Makerhub stattfindenden Prozesse und eine räumliche Entsprechung durch gemeinschaftliche Sitz-, Planungs-, Aktions- und Präsentationsflächen betont ihre Bedeutung. Auch diese Aktivitäten können bei Platzmangel durch flexible und mobile Lösungen bedarfsgerecht geplant oder im Aussenbereich wie im Beispiel des grünen Klassenzimmers mitgedacht werden. Dazu passende Möbel müssen auch nicht zwingend aus dem Katalog bestellt werden. Gerade das handlungsorientiert gemeinsam mit den Schüler:innen geplante und durchgeführte Herstellen eigener Möbel nach dem DIY-Prinzip wie auch das kreative Um- oder Weiternutzen bereits bestehender Möbel oder anderer Gegenstände im Sinne des Upcyclings sorgt für eine grössere Identifikation mit der

Lernumgebung und bestärkt einen verantwortungsvollen Umgang mit den Einrichtungsgegenständen eines Makerspaces. Dies entspricht zudem den Intentionen der Maker-Bewegung (Hatch 2013).

4. Projektstrukturen und Verlaufsplanung

In Bezug auf die grundlegende Projektorganisation und die Prozessbegleitung konnten wichtige Erkenntnisse hinsichtlich praktischer, konzeptueller und struktureller Stellschrauben aus den Impulsen von «Makerspace Schule» (Maurer und Ingold 2021) und dem «MakerSpace» von Save the Children gewonnen werden. Hierbei war es eine zentrale Herausforderung, für den Projektverlauf einen Rahmen zu schaffen, der für die teilnehmenden Schulen verlässliche Orientierungspunkte bietet und gleichzeitig so offen angelegt ist, dass auf die individuellen Bedürfnisse der Schulen sowie die sich im Projektverlauf ergebenden Entwicklungen und Bedarfe flexibel reagiert werden kann.

Um eine möglichst gute Passung zwischen den angebotenen Inhalten und den Erwartungen der teilnehmenden Schulen zu gewährleisten, wurde etwa drei Monate nach Projektstart unter den teilnehmenden Schulen eine Umfrage durchgeführt, die sich auf die bisherige Projektorganisation und die Inhalte bezog. Aus dem Feedback wurde u. a., deutlich dass es einerseits wichtig ist, dass Konzepte wie beispielsweise Design Thinking nicht zu abstrakt eingeführt werden, sondern es bei komplexen theoretischen Impulsen genügend Raum gegeben muss, um die Übertragbarkeit auf die einzelnen Schulen zu erörtern. Genau diese Austauschprozesse sind in einer grossen Gruppe schwer durchführbar. Aus diesem Grund haben sich auf Basis der Rückmeldungen aus den Projektschulen und einer daran angepassten Projektsteuerung die nachfolgend beschriebenen Elemente als Bausteine für die Projektorganisation als sinnvoll erwiesen.

4.1 Eine Auftaktveranstaltung mit allen Beteiligten inklusive Schulleitung

Diese Auftaktveranstaltung findet in Präsenz an einem Ort statt, der Maker Education ausstrahlt. In Hamburg bot sich hier der ISE-Werkstattraum des Landesinstituts für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI Hamburg 2021) an. Neben einem Input zur Konzeption und Pädagogik des Raums konnten sich die Beteiligten dort kennenlernen und erste Überlegungen zu ihrem Makerhub anstellen. Dies wurde methodisch durch eine Übung angeleitet, in der unterschiedliche Personae entwickelt werden sollten, die den Makerhub nutzen würden (Abb. 3). Darüber hinaus konnten die Teilnehmer:innen viele Module wie Greenscreen, Podcast Studio oder 3D-Druck vor Ort anschauen und bei Interesse an einem weiteren Termin dort ausprobieren.

Ausarbeitung der Persona Makerhub

WER KOMMT IN EUREN MAKERHUB?

Erfindet je eine fiktive Schüler*in und eine Kolleg*in, die den Makerhub nutzt.

Die Persona steht für eine ganze Gruppe

Name und Alter	Interessen/Hobbies/Stärken
Bedürfnisse/Wünsche	Sorgen/Nöte/Herausforderungen
Gedanken und Gefühle	Freunde/Peergroup

Empathy Map der Persona beim Betreten des Makerhubs

seeing – Wen und was sieht die Persona?

hearing – Was und auf wen hört die Persona?

thinking and feeling – Was fühlt die Persona? Welche Werte bringt sie mit? Was ist ihr wichtig? Was denkt sie?

saying and doing – Was sagt und tut die Persona? Mit wem betritt sie den Raum?

Wie verlässt sie den Raum?

Abb. 3: Material zur Erstellung der Personae, Screenshot aus dem LMS-Kurs des «Makerhub»-Pilotprojekts der Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg.

Die Anwesenheit der Schulleitungen ist an dieser Stelle besonders wichtig, da hier ausgehend von einem bereits eingerichteten Beispiel für einen Makerspace konkrete Ideen und Möglichkeitsräume eröffnet werden. Bei diesen Überlegungen ist entscheidend, dass Schulleitungen sich einen realistischen Eindruck zu möglichen schulischen Perspektiven und den damit verbundenen Entwicklungsprozessen machen können.

4.2 Regelmässige Treffen mit Input zu den Themenbereichen Making und Raumgestaltung

Die weiteren Treffen mit allen Projektschulen waren modular entlang der Themenfelder «Mindset», «Vision», «Raumgestaltung», «Raumausstattung», «Raumnutzung» und «Organisatorische und konzeptionelle Einbindung» strukturiert (Abb. 4). Dabei wurde u. a. vertieft zu den erstellten Personae gearbeitet, eine Roadmap zu schulindividuellen Zielen und Meilensteinen erstellt und sich über Entwicklungsideen und offene Fragen ausgetauscht. Einige Treffen wurden durch Inputs von externen Expert:innen ergänzt, die das Thema aus Perspektive des Schulbaus, der Raumgestaltung und der Pädagogik (z. B. Vertreter:innen von Schule im Aufbruch) differenziert beleuchtet haben. Aufgrund der post-/pandemischen Situation fanden die Treffen überwiegend digital über ein Videokonferenztool im LMS statt.

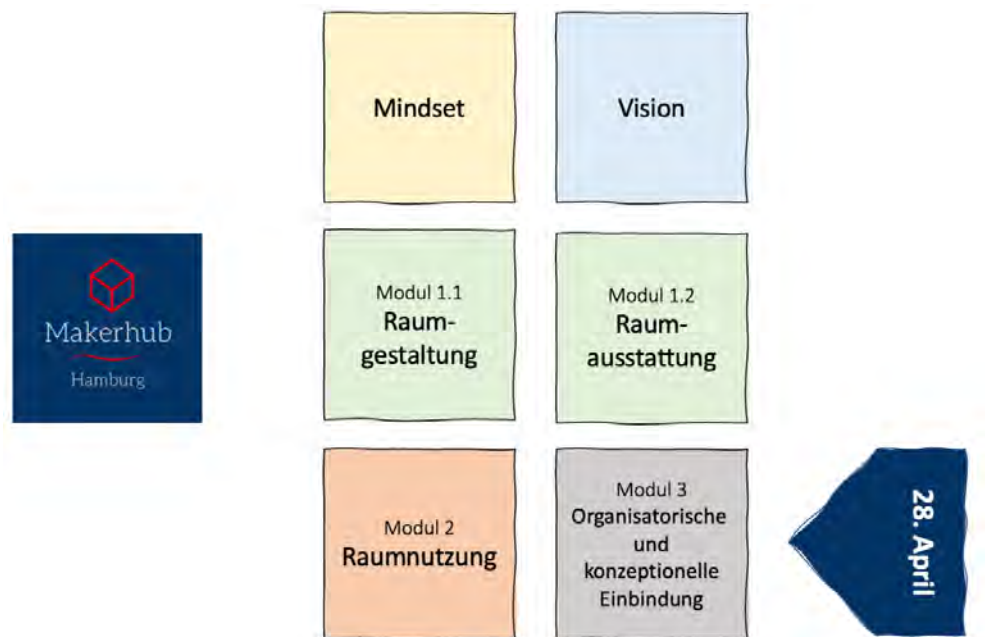


Abb. 4: Übersicht über die Module (mittlerweile leicht abgewandelt), Screenshot aus dem LMS-Kurs des «Makerhub»-Pilotprojekts der Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg.

4.3 Freiwillige Stammtischrunden und Angebote zur ausserschulischen Vernetzung

Der Aufbau einer schulübergreifenden Community, die sich für die Einrichtung von Makerspaces interessiert, wurde über die verpflichtenden Treffen hinaus durch freiwillige Stammtische flankiert. Diese beinhalteten kurze Inputs von Expert:innen aus der Hamburger Bildungslandschaft, z. B. von der *Beratungsstelle besondere*

Begabungen zu Forschendem Lernen, von einer Expertin zur individuellen Raumnutzung und -gestaltung im schulischen Kabinettssystem und von einem Lehrer aus dem *Makerspaces im Schulen Hamburg Netzwerk* (MiSHN).

Um die in den Schulen stattfindenden Aktivitäten im Makerhub über die Schulgrenzen hinaus sichtbar zu machen, wurden zudem ausserschulische Akteur:innen eingeladen, um ihre Angebote für Hamburger Schulen vorzustellen. So haben etwa zwei Projektschulen während der Hamburger «Codeweek» in ihren Makerhubs Kurse zum Tüfteln, Hacken und Programmieren für interessierte Schüler:innen anderer Schulen angeboten.

Die freiwilligen Angebote wurden bei jedem Termin von etwa der Hälfte der Projektschulen wahrgenommen. Der Kreis der Teilnehmenden war hierbei je nach Thema unterschiedlich und stark abhängig von den individuellen Entwicklungszielen der Schulen. Die Präsentationsfolien und Materialien der Stammtische wurden anschliessend im LMS-Kurs für alle zugänglich gemacht.

4.4 Tutorielles Begleitsystem

Der Kern des Prozesses fand an den jeweiligen Schulen statt und setzte viel eigenständige Arbeit voraus. Hierbei wurden die teilnehmenden Schulen durch Mitglieder der Stabsstelle Digitalisierung eng begleitet. Dies geschah nach einem tutoriellen System moderierend und beratend. In den Tut-Gruppen wurden je nach geografischer Lage, Schulform oder Schwerpunkten drei bis vier Projektschulen zusammengefasst. Hierbei standen der Austausch über den jeweiligen Arbeitsstand, über Fortschritte, Stolpersteine und die Integration der inhaltlichen Impulse in den weiteren schulindividuellen Prozess im Vordergrund.

Dieses tutorielle Begleitsystem wurde erst nach der ersten Feedbackschleife in das Projekt integriert, um den Schulen in einer vertrauensvollen Kleingruppenatmosphäre mehr Gelegenheit zur Vertiefung der Inputs und Modulinhalte sowie zur Vernetzung zu geben. Die Funktion der von der Behörde gestellten Tutor:innen war hierbei in erster Linie eine unterstützende, denn es ging nicht darum, die Schulen zu kontrollieren, sondern in regelmässigen Abständen Anlässe für einen Austausch zu schaffen, um den Prozessstand zu reflektieren und weitere Absprachen zu treffen. Zugleich konnten in diesen kleinen Runden aus behördlicher Perspektive besser grundsätzliche Problemfelder ermittelt und auf der weiteren Ebene der Projektorganisation berücksichtigt werden. Die Teilnahme an diesen Treffen war für die Schulen verpflichtend. Das Format wurde von den Schulen auch deshalb sehr geschätzt, weil sie hier einerseits von den Erfahrungen der anderen Schulen profitieren konnten und zugleich jederzeit die Möglichkeit hatten, ihre konzeptionellen Überlegungen zur Diskussion zu stellen, Fortschritte zu präsentieren, Hindernisse ehrlich anzusprechen oder Bedarfe für weitere Projektimpulse anzumelden.

4.5 Projektorganisation und Transfer über ein Lernmanagementsystem

Um die einzelnen Entwicklungsfelder zur Einrichtung und Implementierung eines Makerspaces auf der Ebene der Prozessgestaltung sinnvoll zu verknüpfen, hat die Stabsstelle Digitalisierung einen themenspezifischen Begleitkurs in dem auf Moodle basierenden zentralen Hamburger Lernmanagementsystem «Lernen Hamburg» entwickelt. Dieses Angebot ergänzt die synchronen Formate durch asynchrone Input- und Austauschmöglichkeiten in Form von Chats, Foren, Erklärvideos sowie weiteren Materialien zum Selbststudium.

Konkret sind in dem LMS-Kurs wesentliche Schritte und Überlegungen zur Etablierung eines Makerhubs an einer Schule unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen der Primar- und Sekundarstufe zusammengefasst. Aus diesem zunächst nur für die Projektschulen angelegten Kurs ist mittlerweile ein weiterer Kurs entstanden, der für alle am Making interessierten Schulen im hamburgweiten Bereich des LMS zugänglich ist. Die grundlegenden Informationen zur Einrichtung eines Makerspaces wie auch die Inhalte und Materialien zu den Themen der verbindlichen Austauschtreffen und der freiwilligen Stammtische können hier abgerufen und zur weiteren Verwendung in interessierten Schulen genutzt werden. Zudem wird der Kurs fortlaufend mit den Ergebnissen und erfahrungsbasierten Materialien aus den Projektschulen gespeist und weiterentwickelt. Dadurch soll weiteren Schulen der Zugang zur Einrichtung eines Makerspaces erleichtert werden. Damit dient dieser Kurs neben Projektvorstellungen der teilnehmenden Schulen auf Veranstaltungen der Schulbehörde als weitere Möglichkeit, um den Transfer der gesammelten Erkenntnisse über das Projekt hinaus zu gewährleisten.

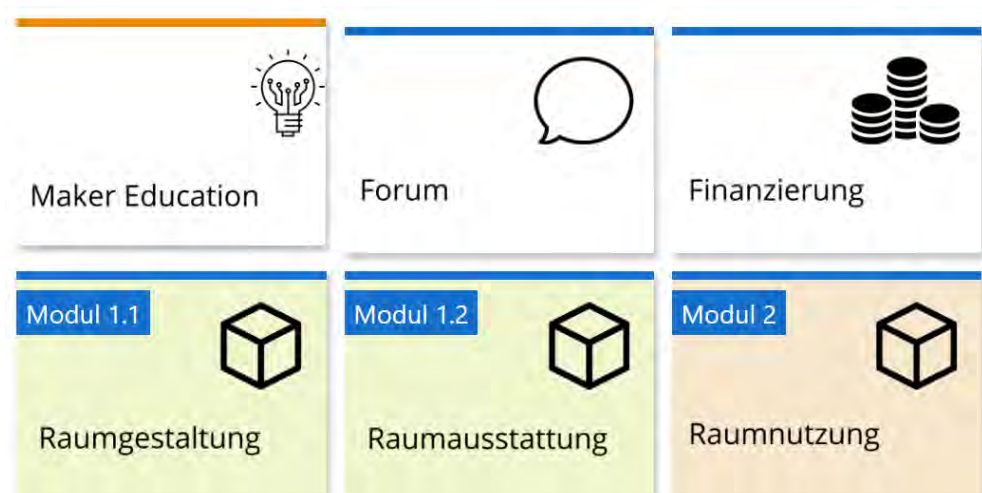


Abb. 5: Kacheln nach Themen und Modulen (Ebene 1), Screenshot aus dem LMS-Kurs des «Makerhub»-Pilotprojekts der Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg.

Die Kursgestaltung ist thematisch gegliedert (Abb. 5) und hat sich in der Begleitung des Prozesses bewährt.

4.5.1 Maker Education

In einer kurzen Einführung in das Thema Maker Education wird anschaulich illustriert, was in einem schulischen Makerspace möglich ist und welche Haltung die Lehrenden in einem solchen Lernsetting mitbringen oder entwickeln sollten. Hier können sich die Teilnehmer:innen asynchron in das Thema Maker Education einarbeiten. Die Materialien von Save The Children sowie das Webangebot von makerspace-schule.ch waren hierbei eine grossartige Stütze.

4.5.2 Forum

Im Forum gibt es die Möglichkeit zum asynchronen Austausch der Schulen untereinander. Hier kann zu verschiedenen Themen diskutiert werden, es können von allen Teilnehmer:innen neue Themen hinzugefügt und Fragen beantwortet werden. Zudem werden hier Hinweise auf Veranstaltungen mit Bezug zu Maker Education gepostet.

4.5.3 Finanzierung

Die behördlichen Vorgaben für die Anschaffung von Materialien, Möbeln und Technologie stellen nicht nur in Hamburg eine besondere Herausforderung dar. Es gilt, Rahmenverträge und Ausschreibungen zu berücksichtigen, Vorgaben zum Brandschutz einzuhalten und die Räume baulich nur so zu verändern, dass der Unfallschutz in vollem Umfang gewährleistet ist. Alle notwendigen Informationen zu diesen Themen sind unter dem Themenfeld Finanzierung zusammengefasst. Da sich zahlreiche Produkte, die im Bereich des Makings zum Einsatz kommen, nicht in den regulären Ausschreibungen finden, wurden die Erfahrungen der Projektschulen zu deren Beschaffung hier ebenfalls dokumentiert. Dementsprechend findet sich hier eine Sammlung mit Informationen zum Produkt (Foto, Anwendungsbeispiel, Preis, Bezugsquelle, Feedback) sowie eine konkrete Ansprechperson, um weiteren interessierten Schulen den Einstieg ins Making zu erleichtern.

4.5.4 Raumgestaltung – Raumausstattung – Raumnutzung

Die drei weiteren Module des LMS-Kurses beziehen sich konkret auf die Umsetzung des Makerhubs an der eigenen Schule. Hier mussten von den Projektschulen einige Entscheidungen getroffen werden, etwa in Bezug auf die Fragen: Wie soll der

Makerhub aussehen? Welche Ausstattung soll darin zu finden sein? Wie und in welchen Settings soll der Makerhub mit welchen Lerngruppen in den Schulalltag integriert werden? Wie können möglichst viele Personen ermutigt und befähigt werden, den Raum eigenständig und verantwortungsvoll zu nutzen? Wie kann sichergestellt werden, dass das benötigte Material im Raum vorhanden ist und bleibt?

Hinter den Kacheln zu diesem Themenfeld verbergen sich Anregungen zu diesen Fragen mit Verweisen auf das Material von makerspace-schule.ch, welches sich auch in diesem Punkt als sehr inspirierend und hilfreich für konkrete Umsetzungsschritte erwiesen hat.

Das Modul Raumausstattung umfasst als Blended Learning Kurs die bereits beschriebenen sechs Module zur Gestaltung eines Makerhubs (Abb. 1). Wie das Beispiel zum 3D-Druck in Abbildung 6 zeigt, besteht jedes Modul aus drei Kacheln, die in einer Verschränkung aus digitalen und analogen Informationsmöglichkeiten die drei Bereiche: Lesen, Angucken und Hingehen abdecken (Abb. 6).



Abb. 6: Beispiel für die Informationsmöglichkeiten zum Modul Raumausstattung – 3D-Druck (Ebene 3), Screenshot aus dem LMS-Kurs des «Makerhub»-Pilotprojekts der Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg.

Der Bereich «lesen» beinhaltet anschauliche Hintergrundinformationen zum jeweiligen Modul für das Selbststudium. Im Bereich «angucken» sind Videos verlinkt, die Input und Inspiration zum Modul liefern, und der Bereich «hingehen» zeigt Orte in Hamburg, wo in diesem Fall ein 3D-Drucker besichtigt und getestet werden kann. Alle Angebote dienen dazu, Ideen und konkrete Vorstellungen für die Einrichtung und Nutzung des jeweiligen Moduls an der eigenen Schule zu entwickeln und Schritt für Schritt umzusetzen. Derzeit werden diese Bereiche durch Anregungen, Zugänge und Good Practice-Beispiele zur Einrichtung von Makerspaces aus den Projektschulen ergänzt und anschliessend über den hamburgweiten Bereich des LMS weiteren interessierten Schulen zur Verfügung gestellt. Im Bereich «hingehen» findet man eine wachsende Zahl an Schulen aus dem Projekt, an denen in dem vor Ort neu eingerichteten Makerhub hospitiert werden kann. Durch diese Strukturen soll die Weitergabe von Wissen und Erfahrungen durch analoge schulübergreifende Hospitationssysteme auf der einen und die virtuelle Aufbereitung der in den Projektschulen entwickelten Konzepte auf der anderen Seite für alle interessierten Schulen in Hamburg gewährleistet werden.

5. Fazit: Erfahrungen, Herausforderungen und Gelingensbedingungen

Die Planung und Implementierung eines Makerspaces ist eine komplexe Querschnittsaufgabe, die Expertise in Bereichen braucht, die bisher noch nicht in behördlichem Kontext erprobt wurde. Dies setzt bei allen Beteiligten Mut, Fehlertoleranz und eine forschende Haltung voraus. In diesem Sinne ging es in diesem Pilotprojekt also nicht darum, die Einrichtung eines Makerhubs nach einem von der Behörde vorgegebenen Muster «Top down» an ausgewählten Schulen umzusetzen. Ziel des Projekts war vielmehr, gemeinsam mit den Schulen vielfältige Lösungen und nachhaltige Umsetzungsmöglichkeiten für einen Makerhub im Kontext bedarfsgerechter Lehr-/Lernsettings zu entwickeln, die für die Bildungsziele der jeweiligen Schule sowohl in didaktischer als auch in räumlicher Hinsicht sinnvoll und passend sind.

Der auf zwei Jahre angelegte Projektzeitraum hat in allen Projektschulen zur Einrichtung eines Makerhubs mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen geführt. Jede Fertigstellung wurde mit einer offiziellen Einweihung gewürdigt, zu der auch die anderen Projektschulen eingeladen waren. Bei den Besuchen der vollständig oder grösstenteils fertiggestellten Makerhubs wurde deutlich, dass an diesen Orten nicht nur teure Technik oder neues Mobiliar angeschafft wurde, sondern lebendige Lernräume entstanden sind, die eine Öffnung des Unterrichts hin zu projektorientiertem und problemlösendem Lernen mit digitalen und handwerklichen Anteilen fokussieren. Die damit einhergehend entwickelten Nutzungskonzepte zeigen, dass dies vor allem eingebettet in Wahlpflichtkurse, den offenen Ganztag oder Konzepte

des forschenden Lernens an Grundschulen realisiert wurde. Im Zuge dessen wurden auch Formate des eigenverantwortlichen Arbeitens in benotungsfreien Räumen erprobt. Während der Eröffnungsfeiern wurde zudem der gemeinschaftsstiftende Aspekt der Makerhubs deutlich spürbar, denn in den neuen Räumlichkeiten wurde bereits von Lerngruppen geforscht, gedruckt, programmiert, gekocht und gewerkelt, und die Besucher:innen wurden direkt in die laufenden Projekte und Nutzungsmöglichkeiten einbezogen, ihnen wurden Prozesse und Abläufe erklärt oder sie durften als Dummy bereits fertiggestellte Produkte testen.

Da Haltungen und Erfahrungen der Akteur:innen in diesem Prozess eine entscheidende Rolle spielen, wird im Folgenden zusammengefasst, inwiefern Schulleitungen und Prozessbegleiter:innen engagierte Kolleg:innen aktiv unterstützen können, um die Implementierung von Makerspaces zu vereinfachen und so zu gestalten, dass am Ende Räume entstehen, die Teil des Schullebens sind und den Schüler:innen Raum zur Entfaltung geben.

5.1 Was Schulleitungen tun können

Schulleitungen sollten im besten Fall aktiv in den Prozess involviert sein. Hier gibt es unterschiedliche Ebenen, auf denen sie unterstützend wirken können. Wenn Schulleitungen selbst den Makergedanken tragen, können sie aufgrund ihrer Haltung, ihres Interesses und ihrer Vision die Maker Education an der Schule entscheidend voranbringen. Dies gelingt beispielsweise, indem sie weitere interessierte Kolleg:innen motivieren und durch Ressourcen unterstützen, bei der Beschaffung der Ausstattung helfen, das Kollegium für offene Lernformen sensibilisieren, für Fort- und Weiterbildung im Bereich Maker Education sorgen und insgesamt Mut machen und organisatorisch wie strukturell Rahmenbedingungen schaffen, in denen am Makerspacegedanken orientierte Lernformen und -settings ausprobiert werden können. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass nicht alle Massnahmen sofort zur besten Lösung führen. Scheitern ist Teil des Probierens und eine positive Fehlerkultur sollte möglichst auch durch die Schulleitung unterstützt und gelebt werden. Im Idealfall erprobt sich die Schulleitung selbst im neuen Lernsetting in der Rolle der Lehrperson bzw. der Lernbegleiter:in.

Im bisherigen Projektverlauf konnte beobachtet werden, dass Schulen, deren Schulleitung mehrere der oben genannten Punkte erfüllt hat, schneller und mit einem grösseren Rückhalt im Kollegium an ihr Ziel gekommen sind. An einem teilnehmenden Gymnasium ist die Schulleitung beispielsweise so involviert, dass sie selbst einen Kurs im Wahlpflichtbereich anleitet, in dem projektorientiert in den neuen Räumlichkeiten gearbeitet wird. An einer teilnehmenden Grundschule wird Maker Education so von der Schulleitung gelebt, dass sie selbst zahlreiche Kurse und Hospitationsgelegenheiten für Interessierte aus dem gesamten Stadtgebiet angeboten

hat, damit die motivierenden Räumlichkeiten wie auch die damit verbundenen Engagements und Lernzuwächse bei den Schüler:innen aus erster Hand erlebt werden können.

5.2 Was Prozessbegleiter:innen tun können

Ergänzend zu den Schulbesuchen bei der Einweihung der Makerspaces und der Auswertung der unmittelbaren Erfahrungen und Rückmeldungen im Projekt haben die Prozessbegleiter:innen nach Fertigstellung des Makerhubs qualitative Interviews mit den Projektschulen geführt, um die organisatorischen Prozesse für die Weiterentwicklung des Projekts anzupassen und das Angebot für weitere Schulen bedarfsorientiert auszubauen.

In diesen Interviews wurde deutlich, wie wichtig es ist, Anlässe zu schaffen und Zeit zur Verfügung zu stellen, damit die Projektschulen den Übertrag von der Vielfalt an Möglichkeiten zum eigenen Konzept neben dem regulären Schulalltag bewerkstelligen können. Eine zielgerichtete Beratung und Unterstützung – vor allem in den Feldern Finanzierungsmodelle, Anschaffung der Geräte, mögliche Anwendungsszenarien und Raumplanung – war hier besonders entscheidend. Dies setzt entsprechende Kenntnisse im Arbeitsfeld Schule voraus, denn die Berücksichtigung der Funktionslogiken und Abläufe des Schulsystems ist für den Aufbau tragfähiger Strukturen zentral, um die Einrichtung eines Makerspaces voranzubringen.

Da die Prozessbegleiter:innen selbst als Lehrer:innen tätig sind, wurde im Projektverlauf schnell deutlich, dass es sinnvoll ist, für bestimmte Bereiche wie beispielsweise Spezialfragen zur Raumplanung zusätzliche Fachexpertise einzuholen. So haben qualifizierte Raumplaner:innen an einigen Schulen als Katalysator gewirkt, indem sie zum einen ihre Expertise in Bezug auf Lernraumgestaltung eingebracht haben und zum anderen über das notwendige Wissen bezüglich der Vorgaben zum Brand- und Unfallschutz verfügten. Dadurch konnten viele Sorgen der Projektschulen genommen werden, denn es wurden Lösungen gefunden, die für die Schulen nicht nur pädagogisch sinnvoll erschienen, sondern auch sicherheitstechnische oder organisatorische Bedenken aus dem Weg räumen konnten.

Dieses lösungsorientierte Engagement an den Schulen geht einher mit einer offenen und neugierigen Haltung in Bezug auf die Maker Education selbst als weiterem entscheidendem Gelingensfaktor für die gesamte Projektgestaltung. Hier kann die Prozessbegleitung einen inspirierenden und bestärkenden Rahmen schaffen, Kontakte herstellen und sich gemeinsam mit den Schulen auf die Module und deren lokale Ausgestaltung einlassen, um deren pädagogischen, gesellschaftlichen und lernpsychologischen Wert in unterschiedlichen Anwendungskontexten zu erschließen. Dieses Arbeiten in offenen Settings setzt Mut voraus, sich auf einen Prozess einzulassen, an dem zu Beginn noch nicht für jedes Modul ein fertig aufbereitetes

Anwendungssetting und für jedes Problem eine perfekte Antwort feststand, sich aber im gemeinsamen Recherchieren, Probieren und Austauschen Lösungsideen generieren liessen. So hat sich im Projektverlauf gezeigt, dass das erfahrungsbasierte Testen und Entwickeln von Einsatzszenarien immer wieder auch anderen Schulen geholfen hat, im Prozess voranzukommen.

Aus diesem Grund rieten die Prozessbegleiter:innen dazu, klein anzufangen. Die ersten Schritte in Richtung Making können auch ohne fertig eingerichteten Raum gegangen werden. Um erste Erfahrungen mit Einsatz- und Ausleihsystemen zu sammeln, beschloss eine Schule beispielsweise, zunächst mit einem mobilen Podcastset zu beginnen. Ausgehend von den hier über eine Evaluation ermittelten Nutzungs- und Bedarfsszenarien wird der Makerhub dann sukzessive weiter auf- und ausgebaut. Die Prozessbegleiter:innen vermitteln, dass es wichtig ist, überhaupt ins Handeln zu kommen – einfach zu machen und die Erfahrungen zu teilen.

Im weiteren Verlauf ist es folglich vor allem die Aufgabe der Prozessbegleitung, dafür Sorge zu tragen, dass die gemachten Erfahrungen so aufbereitet werden, dass sie allen an Making interessierten Schulen in Hamburg zur Verfügung gestellt werden. Dazu erstellen die Prozessbegleiter:innen auf der Grundlage der Erfahrungen aus den Projektschulen als Ergebnissicherung zu den Modulen für den hamburgweiten Bereich im LMS verfügbare Inspirationskacheln mit Informationen, die mögliche Lösungswege für Fragen bereitstellen, die bei der Einrichtung eines Makerhubs an den Projektschulen häufig aufgetreten sind. Diese sind:

- Was hat sich bewährt? Im schulischen Kontext kommt es nicht in erster Linie auf ein professionelles Gerät an, sondern auf robuste und intuitiv bedienbare Technologien, die der hochfrequentierten Nutzung im Schulalltag standhalten. Die Projektschulen zeigen hier exemplarisch, welche Produkte sich für ihren Anwendungskontext als besonders geeignet erwiesen haben.
- Was ist in Übereinstimmung mit Ausschreibungen, Anträgen und Rahmenverträgen etc. möglich anzuschaffen? Die Schulen haben hier unterschiedliche Wege gefunden, um zusätzliche finanzielle Unterstützung zu erhalten.
- Welche Anwendungsszenarien mit konkreten Ideen zur Nutzung der Module sind entstanden? Hier haben die Projektschulen zahlreiche Tipps und Erfahrungen zu den einzelnen Modulen generiert, die nun weitere Kolleg:innen oder Schulen motivieren können, hier ebenfalls anzusetzen. Besonders hilfreich waren konkrete Anleitungen, die zur technischen Ausstattung an den Schulen entstanden sind, aber auch darüber hinaus verwendet werden können, z. B. in Bezug auf die Podcastbox: Was ist drin? Wie funktioniert das? Wozu kann ich das mit meinen Lerngruppen nutzen?

- Welche Formate haben sich in der Fort- und Weiterbildung der Kolleg:innen im Hamburger Kontext bewährt? Hier stand die Organisation des Wissenstransfers in den Schulen im Zentrum. Es wurden unterschiedliche Formate ausprobiert, die sich von Barcamps zum Thema über regelmässige im Stundenplan berücksichtigte Arbeitsgruppentreffen bis hin zur Gestaltung pädagogischer Jahrestagungen erstreckten.

Mithilfe der gut aufbereiteten Informationen zu Ausstattung und Anwendungsszenarien konnte die Maker Education im bisherigen Projektverlauf greifbar werden. Dies hat geholfen, Hemmschwellen in Bezug auf die Gestaltung offener Lernsettings zu verringern. Besonders aufgrund der gelungenen Projekte und Produkte aus den Schulen konnte im Prozess ein wachsendes Interesse an der Maker Education festgestellt werden. Hierzu braucht es jedoch Zeit und möglichst viel Gestaltungsspielraum, damit die Schulen ihre individuellen Visionen und Meilensteine entwickeln, ihre eigenen Erfahrungen sammeln und mit Rückschlägen produktiv umgehen können.

Der Faktor Zeit spielt vor allem dann eine entscheidende Rolle, wenn die gesamte Schulgemeinschaft in den Prozess und die Raumplanung eingebunden werden soll. So können Eltern mit ihrem Know-how in Bereichen unterstützen, in denen in den Schulen bisher wenig Expertise vorhanden war. Sowohl bei der Konzeption der Räume als auch bei der Inbetriebnahme können Eltern oder umliegende Institutionen besonders im urbanen Umfeld in Hamburg unterstützend wirken. Der Gedanke des Teilens und der Nachhaltigkeit lädt dazu ein, sich auch mit benachbarten Schulen oder ausserschulischen Institutionen zu vernetzen, um teure Technologien oder platzintensive Maschinen gemeinsam zu nutzen. So ist beispielsweise eine CNC-Fräse eine Anschaffung, die kaum eine Schule allein tätigen kann. Ein benachbartes Unternehmen verfügt aber ggf. über eine solche und hat Interesse, sich beispielsweise mit Blick auf die Berufsorientierung mit der Schule zu vernetzen. In diesem Feld Konzepte für Netzwerkstrukturen zu entwickeln und Formate zu finden, um die Schulgemeinschaft wie auch weitere regionale Standorte stärker einzubinden, wird im Fokus des weiteren Projektverlaufs stehen.

Zudem konnten im Schuljahr 2022/2023 vier weitere Schulen in das Projekt aufgenommen werden. Im Schuljahr 2023/2024 werden weitere Schulen folgen. Hierbei wird es aus Prozessbegleitungsperspektive interessant zu beobachten, inwiefern diese Schulen von den Erfahrungen der Pilotschulen des erstens Durchgangs profitieren können. So soll einerseits nicht jede Schule das Rad neu erfinden müssen, andererseits sind aber bestimmte Erfahrungen oder Prozesse auch nicht unmittelbar transferierbar und können durch die Übernahme von bewährten Konzepten und Strukturen nur bedingt abgekürzt werden. Im Zuge dessen erhofft sich die Schulbehörde weitere Erkenntnisse zu einer möglichst passgenauen Aufbereitung von

Informationen und zur strukturellen Vereinfachung von Abläufen, damit der Wissenstransfer zwischen interessierten Schulen zur Einrichtung eines Makerspaces möglichst zielführend, barrierearm und motivierend gestaltet werden kann.

Literatur

- Aufenanger, Stefan, Jasmin Bastian, und Kathrin Mertes. 2017. «Vom Doing zum Learning. Maker Education in der Schule». *Computer + Unterricht* 105: 4–7.
- Berkemeyer, Nils, Wilfried Bos, Veronika Manitus, und Katrin Müthing. 2008. *Unterrichtsentwicklung in Netzwerken. Konzeptionen, Befunde, Perspektiven*. Münster: Waxmann.
- Böhmer, Jule, und Johanna Tewes. 2022. «COVID-19 als Chance für mehr zeitgemäße Bildung in der Unterrichts- und Schulentwicklung? Überlegungen zum Selbstverständnis von Lehrkräften im Wandel.» In *Lehren aus der Lehre in Zeiten von Corona. Mediendidaktische Impulse für Schulen und Hochschulen*, herausgegeben von Thomas Knaus, Thorsten Junge, und Olga Merz, 191–204. München: kopaed.
- Deutsche UNESCO-Kommission e. V. 2000. «UNESCO Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms «Bildung für nachhaltige Entwicklung»». https://www.bne-portal.de/bne/shareddocs/downloads/files/_2015_roadmap_deutsch_0.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Hatch, Mark. 2013. *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkers*. New York: McGraw-Hill Education.
- KMK. 2017. «Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2027». https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.
- KMK. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Die ergänzende Empfehlung zur Strategie «Bildung in der digitalen Welt». Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021». https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.
- Knaus, Thomas, und Jennifer Schmidt. 2020. «Medienpädagogisches Making – ein begründungsversuch». *Medienimpulse* 58 (4): 1–50. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-04>.
- Krommer, Axel. 2021. «Mediale Paradigmen, palliative Didaktik und die Kultur der Digitalität.» In *Was ist Digitalität? Philosophische und pädagogische Perspektiven*, herausgegeben von Uta Hauck-Thum und Jörg Nöller, 57–72. Berlin: J. B. Metzler.
- LI Hamburg. 2021. «Digitaler Werkstatttraum ISE». <https://li.hamburg.de/fortbildung/themen-aufgabengebiete/medienpaedagogik/ise-613276>.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2021. *Making im Schulalltag. Konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed.
- Meyer-Drawe, Käte. 2012. *Diskurse des Lernens*. 2, durchgesehene und korrigierte Auflage. München: Wilhelm Fink.

- Rummler, Klaus, Hrsg. 2014. *Lernräume gestalten – Bildungskontexte vielfältig denken*. Münster u. a.: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:9815>.
- Schmidt, Jennifer, Nikodemus Gollnau, Maria Barnhart, Bettina Gärtner, und Sannah König. 2021. «Pandemiebedingungen als Türöffner für neue Making-Prozesse? Erfahrungen aus dem Verbundprojekt MakEd_digital». In *Lehren aus der Lehre in Zeiten von Corona. Mediendidaktische Impulse für Schulen und Hochschulen*, herausgegeben von Thomas Knaus, Thorsten Junge, und Olga Merz, 163–176. München: kopaed.
- Stalder, Felix. 2016. *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp.
- Save the Children. 2019-2021. «MakerSpace. Kind- und jugendgerechtes Lernen in digitalen Räumen». <https://www.savethechildren.de/informieren/einsatzorte/deutschland/bildung/makerspaceberlin/>.
- Terkessidis, Mark. 2015. *Kollaboration*. Berlin: Suhrkamp.
- Wenger, Etienne. 1998. *Communities of Practice. Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Inklusive und nachhaltige Maker Education an Schulen

Ein Scoping Review

Ingo Bosse¹ , Björn Maurer²  und Jan-René Schluchter³ 

¹ Interkantonale Hochschule für Heilpädagogik, Zürich

² Pädagogische Hochschule Thurgau

³ Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Zusammenfassung

Digitalisierung, Inklusion und Nachhaltigkeit stellen zentrale Perspektiven für die Weiterentwicklung von Schule dar, nicht zuletzt in Form von Bildungskonzepten wie Medienbildung, inklusive Bildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der Fokus dieses Scoping Reviews liegt auf den Themen Making und Inklusion sowie Making und Nachhaltigkeit unter Einbezug entsprechender Bildungskonzepte. Entlang des Reviews soll ein Überblick über Literatur und Studien zu Verbindungen von Making, Inklusion und Nachhaltigkeit vorgestellt werden. Insgesamt wurden 126 Studien, die zwischen den Jahren 2012 und 2022 veröffentlicht wurden, in eine nähere Betrachtung einbezogen. Obwohl sich nicht wenige Studien mit inklusivem (n = 54) oder nachhaltigem Making (n = 23) befassen, wurden Verbindungen von Making, Inklusion und Nachhaltigkeit bisher selten gemeinsam praktiziert, diskutiert und erforscht (n = 7). Im Besonderen ermangelt es Überlegungen zu Verbindungen von Making mit Konzepten Inklusiver Bildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Vor diesem Hintergrund werden in der Diskussion erste Überlegungen zu einer inklusiven und nachhaltigen Maker Education herausgearbeitet.

Inclusive and Sustainable Maker Education in Schools. A Scoping Review

Abstract

Digitalization, inclusion, and sustainability are central perspectives for the further development of schools, not least in the form of educational concepts such as media education, inclusive education, and education for sustainable development. The focus of this scoping review is on the topics of making and inclusion as well as making and



sustainability, including the corresponding educational concepts. Along with this review, an overview of literature and studies on the links between making, inclusion, and sustainability will be presented. A total of 126 studies, published between the years 2012 and 2022 were included for closer examination. Although quite a few studies deal with inclusive (n = 54) or sustainable making (n = 23), links between making, inclusion, and sustainability have rarely been practiced, discussed, and researched (n = 7). In particular, there is a lack of reflection on the links between making and concepts of inclusive education and education for sustainable development. Against this background, the discussion will elaborate first considerations of inclusive and sustainable Maker Education.

1. Inklusive und nachhaltige Maker Education an Schulen

Im Kontext gesellschaftlicher Transformation stellen derzeit Digitalisierung, Inklusion und Nachhaltigkeit zentrale Perspektiven für die Weiterentwicklung von Schule und Unterricht dar (vgl. Calabrese-Barton et al. 2021; Bakirlioglu und Kothala 2019; Soomro et al. 2021; Gitari et al. 2020; Barajas-López und Bang 2018; Godhe et al. 2019). Digitalisierung eröffnet Möglichkeiten für Inklusion, birgt aber auch Risiken für Exklusion (vgl. Zorn et al. 2019). Sie kann gleichermaßen zur Nachhaltigkeit wie zur Nicht-Nachhaltigkeit beitragen (vgl. Lange und Santarius 2020). Digitalisierung ist nicht naturgegeben, sondern von gesellschaftlichen Akteur:innen gestaltbar (vgl. ebd.). Somit kommt Schule die Aufgabe zu, Kinder und Jugendliche zu befähigen, die Potenziale und Risiken von Digitalisierung für Inklusion und Nachhaltigkeit zu erkennen und gesellschaftliche Teilhabe im Sinne der Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung wahrzunehmen. Hierfür braucht es geeignete Bildungsangebote und -formate (vgl. ebd.).

MakerSpaces an Schulen ermöglichen Schüler:innen das interessengeleitete Tüfteln und Prototyping mit digitalen und analogen Technologien. Sie bieten eine attraktive Lernumgebung für den Erwerb von Wissen, Fertigkeiten und Haltungen, die für eben jene Mitgestaltung von Gesellschaft erforderlich sind (Maurer und Ingold 2021; Geser et al. 2019). Welche Erkenntnisse und konzeptionellen Überlegungen zu inklusivem schulischem Making mit dem Anspruch einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung mit Blick auf Digitalisierung vorliegen, soll im Beitrag aufgezeigt werden. Weitergehend werden Ansatzpunkte für die Konzeption eines inklusiven nachhaltigen MakerSpaces entwickelt und Wege der Implementierung entsprechend der Trias von Digitalisierung, Inklusion und Nachhaltigkeit aufgezeigt.

2. Zielstellung des Beitrags

Verschränkungen zwischen pädagogischem Making und Nachhaltigkeit bzw. zwischen pädagogischem Making und Inklusion liegen bereits vor – in Form von theoretisch-konzeptionellen Überlegungen, Praxisideen und Empfehlungen sowie Forschungsaktivitäten. Eine Betrachtungsweise, welche Digitalisierung, Inklusion und Nachhaltigkeit zueinander in Verbindung setzt, findet sich bislang jedoch eher selten (vgl. Schluchter 2021; Bosse, Maurer, und Schluchter 2022). Rahmenbedingungen, didaktische Konzepte sowie geeignete Bildungsangebote und -formate sind noch weiter zu entwickeln. Ein systematischer Überblick über die bisher vorliegende Literatur soll dazu dienen, ungenutzte Potenziale von Digitalisierung für Inklusion und Nachhaltigkeit zu antizipieren und mögliche Risiken kritisch zu reflektieren.

Die leitenden Fragen sind:

- a. Wie lassen sich die Potenziale von Making in der pädagogischen Arbeit mit allen Schüler:innen nutzen?
- b. Welche Rahmenbedingungen sind hierfür erforderlich?
- c. Welche Bezüge zwischen den Themen Making, Inklusion und Nachhaltigkeit bestehen?

3. Methode

Die vorliegende Scoping-Studie basiert auf den methodischen Leitlinien von Arksey und O'Malley (2005). Scoping-Studien, die als eigenständige Methode beschrieben werden, sind besonders nützlich, um den Umfang und die Art neu entstehender Forschungsbereiche zu untersuchen, die Studien aus verschiedenen Disziplinen umfassen und verschiedene Methoden und Methodologien anwenden. Die Verfahren zur Identifizierung der Literatur sind ähnlich wie bei systematischen Literaturübersichten, aber das Ziel von Scoping-Studien ist eher die Bereitstellung einer möglichst breiten Literaturliste. Veröffentlichungen werden daher im Allgemeinen nicht auf der Grundlage bestimmter Qualitätskriterien ausgeschlossen, Mindestanforderungen wie wissenschaftliches Vorgehen aber zugleich berücksichtigt. Scoping-Studien extrahieren das Wesentliche aus der Literatur eines oft weit gefassten Forschungsbereichs, um die konzeptionellen Grenzen abzustecken (Davis et al. 2009). Aufgrund der Vielfalt der Studien, die Gegenstand der Überprüfung sind, wird eine deskriptiv-analytische Tradition als gemeinsamer analytischer Rahmen verwendet (Krägeloh et al. 2016). Damit hat das Scoping hohe Übereinstimmungen mit den weithin bekannten PRISMA Richtlinien zu systematischen Reviews (Moher et al. 2009; Newman und Gough 2020). Aufgrund der Neuartigkeit der Verbindung der beiden Themen «inklusive Bildung» und «Bildung für nachhaltige Entwicklung» erschien diese Vorgehensweise aber weniger anwendbar als das Scoping Review. Es ist das erste Scoping Review zur Thematik.

3.1 Suchstrategie

Das Scoping Review wurde von einer iterativen Forschungsstrategie geleitet. Ausgehend von der Auseinandersetzung mit der aktuellen Literatur für einen narrativen Artikel (Bosse, Maurer, und Schluchter 2022) wurde im März 2023 eine Suche für wissenschaftliche Artikel in der EBSCO Datenbank (Academic Search Index, Education Source, Eric) für englischsprachige Literatur von 2012 bis 2022 durchgeführt. Der Grund für die Auswahl des Zeitraums liegt darin, dass die Maker Education erst Ende der 2000er Jahre im außerschulischen Bildungsbereich entstanden und mit Verzögerung im Jahr 2012 im schulpädagogischen Kontext rezipiert wurde. In der Vorbereitung des Reviews wurden weitere Datenbanken wie Fachportal Pädagogik (FIS-Bildung, für deutschsprachige Publikationen) konsultiert. Die Trefferanzahl entlang der Suchstrings erwies sich allerdings als vergleichsweise gering ($n = 36$). Bei FIS-Bildung ist zudem die Kombination von Suchbegriffen mit OR/AND erschwert bzw. technisch nur beschränkt möglich.

Die Suchstrategie wurde mit einem zuvor getesteten, kombinierten Suchstring mit den Begriffen

MakerSpace OR Tinker AND School OR Education AND Sustainability OR Sustainable OR “sustainable Development” OR ESD AND Inclusion OR inclusive OR “special needs” OR equity

durchgeführt. Themenfokus Making: Die zuvor getesteten Suchbegriffe “Making” und “Maker Education” erwiesen sich als zu unspezifisch (z. B. decision-making) und führten zu einer unüberschaubar hohen Trefferquote. Die alternativen Begriffe “MakerSpace” und “Tinker” bilden einen making-spezifischen Lernort und eine charakteristische Aneignungsweise der Maker Education (tinkering = exploratives Tüfteln) ab, was zu einer deutlichen Reduktion der Trefferanzahl führte.

Kontext Schule: Der Schul- respektive Bildungskontext wurde durch die Suchbegriffe “School” OR “Education” repräsentiert.

Themenfokus Inklusion: Der Kernbegriff “Inclusion” allein erwies sich als unzureichend, weswegen das Adjektiv “inclusive” hinzugezogen wurde. Mit “special needs” sollte ein Schwerpunkt auf Menschen mit Behinderung gelegt werden, während “equity” (Gerechtigkeit) ein im Inklusionsdiskurs häufig verwendeter Begriff ist.

Themenfokus Nachhaltigkeit: analog zum Entscheid im Bereich Inklusion wurden “Sustainability” OR “sustainable” als Suchbegriffe gewählt und mit der Phrase “Sustainable Development” ergänzt. “ESD” ist die Abkürzung für Education for Sustainable Development und wurde daher mit OR als weiterer Suchbegriff hinzugefügt.

Diese Suche führte schliesslich zu 239 Ergebnissen. Da eine erste Sichtung dieser Ergebnisse ergab, dass sich darunter nur wenige relevante Veröffentlichungen befinden, wurden die Datenbanken jeweils mit einem vereinfachten Suchstring mit dem Fokus Nachhaltigkeit (mit den Begriffen MakerSpace OR Tinker AND School OR Education AND Sustainability OR Sustainable OR “sustainable Development” OR ESD NOT Adults (429 Ergebnisse)) und mit einem vereinfachten Suchstring mit dem Fokus Inklusion (mit den Begriffen MakerSpace OR Tinker AND School OR Education AND Inclusion OR inclusive OR “special needs” OR equity NOT Adults (158 Ergebnisse)) durchsucht. Der Begriff “Adults” wurde ausgeschlossen, um Treffer im Bereich Erwachsenenbildung zu minimieren und den Schulkontext zu fokussieren.

Ergänzt wurde die Suche durch eine Schneeballmethode, nach der aufgrund der gefundenen Beiträge über deren Literaturverzeichnisse weitere Beiträge ergänzt wurden. Weiterhin wurde in den Zeitschriften «Sustainability», «Medien und Erziehung (merz)», «Medienimpulse» und «MedienPädagogik» mit den deutschen Begriffen

MakerSpace UND Inklusion, MakerSpace UND Inklusiv Bildung, MakerSpace UND Nachhaltigkeit, MakerSpace UND Bildung für nachhaltige Entwicklung

sowie den englischen Begriffen MakerSpace AND Inclusion, MakerSpace AND Inclusive Education, MakerSpace AND Sustainability, MakerSpace AND “Education for Sustainable Development” gesucht. Hierüber wurden 49 weitere Artikel identifiziert.

3.2 *Studienselektion*

Bei der EBSCO Suche wurden folgende Ausschlusskriterien zugrundegelegt: Ausserhalb des Suchzeitraums (2012–2022), nicht auf Englisch publiziert, Population gehört nicht zu schulischen Altersgruppe (z. B. vorschulischer Bereich, Erwachsenenbildung), nicht peer-reviewed, Volltext nicht beschaffbar, Studie hat anderen Fokus (z. B. Covid-19 Pandemic, University & Colleges, Academic libraries und Higher Education).

Die Entscheidung, nicht peer-reviewte Artikel auszuschliessen, wurde getroffen, um den Schwerpunkt auf wissenschaftliche Untersuchungen zu legen, die typischerweise einem Peer-Review-Verfahren unterzogen werden, im Gegensatz zu Praxisberichten, die nicht notwendigerweise einem solchen Verfahren unterliegen.

Die insgesamt 862 identifizierten Veröffentlichungen wurden zunächst auf unvollständige Angaben (n = 12) und auf Dubletten (n = 220) geprüft. Die verbleibenden 670 Publikationen wurden von den drei Autoren dieses Beitrags als Reviewerteam

auf die Passung von Titel, Schlagwörtern und Abstract bewertet. Zu den Einschlusskriterien gehörte auch die Verfügbarkeit des Beitrags. Letztlich waren alle Beiträge beschaffbar. 72 Beiträge wurden einem zweiten Review unterzogen. Bei verbleibenden Unsicherheiten wurde die Entscheidung im Reviewerteam diskursiv validiert. Gründe für den Ausschluss waren die ungenügende Passung zu den Themen Marketing, Nachhaltigkeit und Inklusion sowie ein fehlender Schulkontext und unpassende Textsorten (Bücher und Editorials). Es wurden im (zweiten) Review-Prozess 54 Beiträge ausgeschlossen. Insgesamt verbleiben 86 relevante und 520 irrelevante Beiträge aus der EBSCO und Fachportal Pädagogik (FIS Bildung)-Suche. Die zusätzlichen mit dem Schneeballverfahren identifizierten 49 Beiträge wurden mit derselben Vorgehensweise geprüft. Hierüber konnten 40 in die finale Analyse übernommen werden. Zahlreiche der Studien, die nach der Sichtung des Abstracts oder nach dem Lesen der Volltexte aus der weiteren Analyse ausgeschlossen wurden, sind den Themen Covid-19 Pandemic, University & Colleges, Academic libraries und Higher Education zuzuordnen, obwohl diese bei der Eingabe des Suchstrings ausgeschlossen wurden. Weiterhin wurden Studien ausgeschlossen, deren Hauptfokus sich auf Citizen Science oder klassisches Engineering ausrichtet. Zur inhaltlichen Analyse wurden letztendlich 126 Studien ausgewählt. Diese wurden mit der Software Atlas.ti inhaltlich mit 106 Codierungen in zwölf Codegruppen codiert.

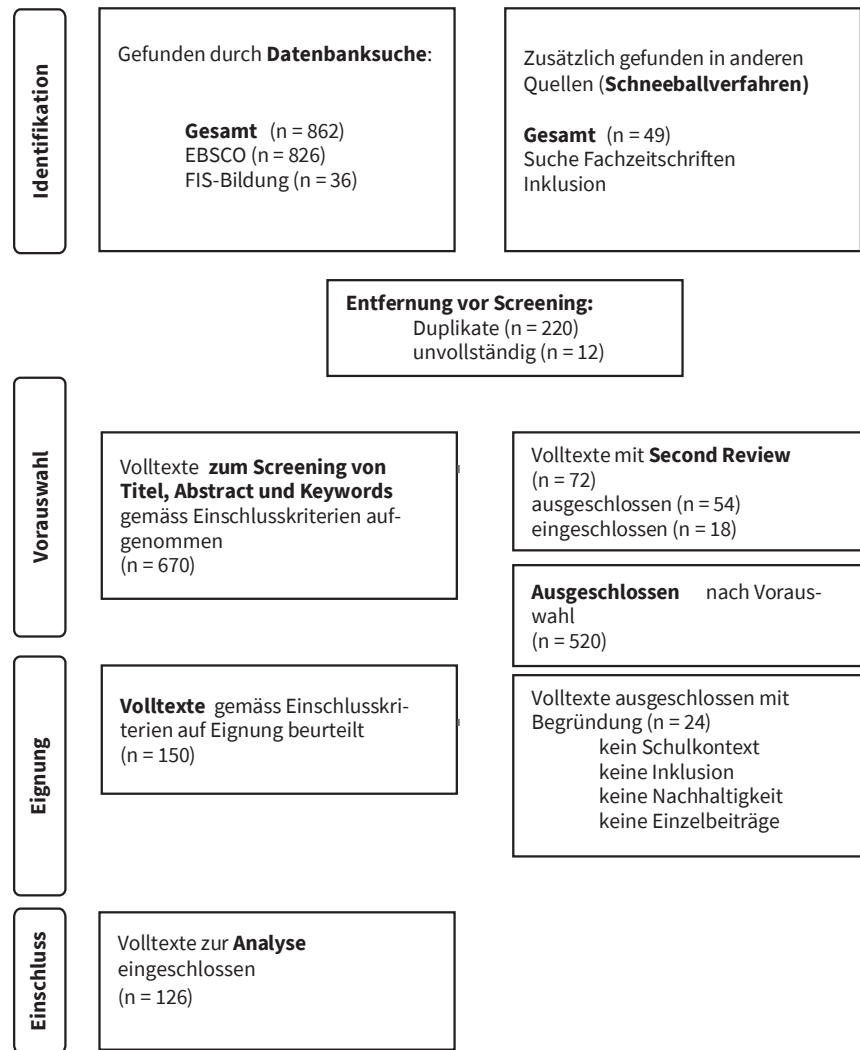


Abb. 1: PRISMA Flussdiagramm zur Darstellung des Studienselktionsprozesses nach Page et al. (2021).

4. Deskriptive Ergebnisse

Zunächst werden die wesentlichen Aspekte der aus der Analyse gewonnenen Themen vorgestellt. Im Fokus steht dabei, Bedarfe und Notwendigkeiten für die Gestaltung von Unterricht sowie schulische Rahmenbedingungen und Forschungsansätze aufzuzeigen. Die Ergebnisse werden zunächst getrennt nach Themen und anschliessend zusammenführend dargestellt. Ein spezifischer Fokus liegt auf möglichen Synergieeffekten (z. B. die Stärkung der sozialen Perspektive von Nachhaltigkeit, Service Learning mit allen Menschen).

Die Literatursuche hat 54 Studien ergeben, die sich in unterschiedlicher Intensität mit Making und Inklusion beschäftigen. Sie hat 23 Studien ergeben, die sich in unterschiedlicher Intensität mit Making und Nachhaltigkeit beschäftigen. Weitere Studien (n = 59) befassen sich allgemein mit Making und tangieren dabei Fragen von Inklusion und/oder Nachhaltigkeit.

4.1 Inklusive Bildung und Making

Inklusivität folgt in den als relevant identifizierten Beiträgen überwiegend einem weiten, aber besonders auf vulnerable Gruppen bezogenen Inklusionsverständnis (Lindmeier und Lütje-Klose 2015). Das *Thema Making für Alle* ist das häufigste. Themen, welche oftmals in den Veröffentlichungen zu Inklusion und Making aufgegriffen werden, sind Gendersensibilität, Menschen mit Behinderungen und Bildungsgerechtigkeit. Mit etwas geringerer Häufigkeit folgen Empowerment, Diversity, Migration/ ethnische Zugehörigkeit, Barrierefreiheit.

4.1.1 Angebote für neue (vulnerable) Nutzer:innen-Gruppen: Making für Alle

Bei der Forschung dazu, wie «Making für Alle» gestaltet und wie die Diversität von und in MakerSpaces erhöht werden kann, geht es auch darum, neue Gruppen von Nutzer:innen zu gewinnen (z. B. Einarsson 2021). In diesem Zusammenhang stehen die Möglichkeiten im Fokus, mit innovativen Making Aktivitäten auch gefährdeten Minderheiten den Zugang zu digitaler Technologie zu gewähren und dadurch alte kulturelle und soziale Barrieren zu beseitigen (Garcia-Ruiz et al. 2022). Beim inklusiven Making in der Schule können Lehrkräfte die Verbindungen zwischen Schüler:innen und das Entstehen von Freundschaften über kulturelle und soziale Barrieren hinweg durch einfache Massnahmen fördern: indem sie beispielsweise Gruppentische einrichten und die Schüler:innen im kreativen Prozess dazu anregen, sich auszutauschen. Die Ergebnisse der Studie von Fields et al. (2018) deuten zudem darauf hin, dass von Lehrkräften moderierte reflektierende Diskussionen die Kooperationsfähigkeit von Schüler:innen verbessern und ihre Beteiligung fördern können. Eine sorgfältig vorbereitete Gruppenzusammensetzung ermöglicht der Lehrperson, Schüler:innen intensiver zu unterstützen. Es bestehen gute Erfahrungen darin, gezielt Aktivitäten zu organisieren, die sich an ausgewählte Nicht-Nutzergruppen richten (Einarsson 2021).

4.1.2 *Making-Gemeinschaft als sicheres Umfeld*

Making-Prozesse und Making-Gemeinschaften an sich sind kein Allheilmittel zur Förderung von Verständnis und Integration. Hackney et al. (2019) konnten zeigen, dass durch die Interaktionen beim Making ein Vertrauensverhältnis entsteht. Dabei kann die Gruppe zu einem geschützten Raum werden, in welchem Erfahrungen mit alltäglicher Diskriminierung, z. B. rassistische Mikroaggressionen oder beiläufiger Sexismus, geteilt, reflektiert und deren Auswirkungen gemeinsam bekämpft und Positionen ausgehandelt werden können. Making-Aktivitäten sind allerdings kein Garant für Verständigung und den Abbau von Alltagsrassismen etc. (Hackney et al. 2022). Auch andere Studien weisen auf die Bedeutung der Schaffung eines sicheren Umfelds hin, in dem die unterschiedlichen Interessen der Schüler:innen als Vorteil genutzt werden können (Harron und Hughes 2018). Grosse Lernerfolge werden für Schüler:innen mit Englisch als Zweitsprache und Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf beschrieben, die Schwierigkeiten mit der Sprache oder der Kommunikation haben. Der praktische Charakter von MakerSpaces kann die bestehenden Sprachbarrieren der Schüler:innen überbrücken (ebd.).

4.1.3 *Making und Bildungsgerechtigkeit*

Godhe et al. (2019) weisen auf die Erfahrung aus früheren Wellen des Einsatzes digitaler Technologien in Schulen hin, dass die Vorteile oft am stärksten bei denjenigen Schüler:innen zum Tragen kommen, die bereits privilegiert sind. Es besteht daher die Gefahr, Ungleichheiten zu verschärfen, wenn man die Maker Education als optionale oder individuell gesteuerte Aktivität darstellt. Umgekehrt sind Schulen der Ort um sicherzustellen, dass alle Schüler:innen Möglichkeiten haben, sich mit Maker Education zu beschäftigen.

Untrennbar verbunden mit dem Thema Inklusion ist das Thema *Gerechtigkeit*, welches nicht gleichzusetzen ist mit Gleichheit. Gerechtigkeit berücksichtigt die systemischen Mittel und Barrieren, die Schüler:innen daran hindern, an einer Aktivität oder einem Raum vollständig teilzunehmen. Der Hauptunterschied zwischen Gleichheit und Gerechtigkeit ist die kritische Betrachtung der Frage, wer einen Raum nutzt und wer nicht, wobei auch zu berücksichtigen ist, wer den Raum in Zukunft nutzen kann. Es wird empfohlen, bei Überlegungen zu potenziellen Nutzenden die Grundsätze des Universal Design for Learning zu berücksichtigen (Villanueva Alarcón et al. 2021).

4.1.4 Gendersensibles Making

Im Kontext von Inklusion und Making wurden Aspekte der *Gendersensibilität* am zweithäufigsten genannt. MakerSpaces werden auch überwiegend von Männern geleitet und die Nutzer:innen sind überwiegend männlich (z. B. Millard et al. 2018; Smit und Fuchsberger 2020). Studien wie die von Konstantinou et al. (2021) gehen der Frage nach, ob Mädchen und Frauen ihre digitalen Kompetenzen in einem MakerSpace verbessern können. Die Einbeziehung von Frauen in die STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics)-Bildung durch MakerSpaces sei die Hauptinitiative für deren Einführung in der Bildung gewesen.

Zwei häufig genannte Aspekte von Gendersensibilität beim Making sind die Schaffung eines sicheren Umfelds, in dem Mädchen mit Programmierung und Technik in Berührung kommen (z. B. Harron und Hughes 2018; Trahan et al. 2019), wie auch das Aufbrechen von Geschlechtertrennung in den Schulen. Auch das Potenzial von Making, mehr Frauen und andere unterrepräsentierte Gruppen einzubeziehen, wird deutlich (Fuchsberger et al. 2023). Konkrete Ansätze, den Gender Gap in der MINT-Bildung zu überwinden, liegen darin, fächerübergreifende und für Mädchen interessante Themen auszuwählen (Boyle 2019) oder spielerische Elemente einzubeziehen (Rushton und King 2020). Einen besonders grossen Einfluss auf die Entwicklung von Computational Thinking-Fähigkeiten hat die Zusammenarbeit. Mädchen zeigten mehr Interesse und Engagement für Zusammenarbeit als Jungen und erzielten insgesamt höhere Bewertungen in den Bereichen Problemlösung und Teamwork/Leadership/Effektive Kommunikation (Ardito et al. 2020). Bei der Entwicklung von Coding-Fähigkeiten von Mädchen spielt die Art der Anerkennung eine Rolle. Die öffentliche Anerkennung von Codier-Erfolgen durch Lehrkräfte und Gleichaltrige kann die Geschlechterstereotype beeinflussen (Hughes et al. 2021).

Insgesamt berichten Frauen vom Kampf, dazugehören zu wollen. Maker Ideale wie Offenheit, Geschlechtergerechtigkeit etc. sind in der Praxis nicht die Regel. Es ist unklar, ob alle MakerSpaces inklusiv (für alle) sein sollen oder ob es spezielle Rückzugsräume für besondere Klientel braucht (Trahan et al. 2019). Nicht alle Maker:innen sind bereit, ihr Wissen zu teilen (z. B. Fuchsberger et al. 2023).

4.1.5 Barrierefreies Making

Im Kontext des pädagogischen Makings mit *Menschen mit Behinderungen* liegt der Fokus oftmals auf der Gestaltung des Raums und der Schaffung sicherer und barrierefreier Rahmenbedingungen (z. B. höhenverstellbare Arbeitstische, gut erkennbare Signaletik, Braille-Schrift, Vermeidung von Stolperfallen, Universal Design, sichere Aufbewahrung gefährlicher Werkzeuge (z. B. Love et al. 2020; Steele et al. 2018)). An die pädagogische Begleitung werden spezifische Anforderungen formuliert (Zuhören können, Atmosphäre schaffen, individuelle 1:1 Betreuung und Scaffolding).

Eng verbunden mit diesen Themen ist die *Barrierefreiheit* von Making für verschiedene vulnerable Gruppen. Die Forschung richtet sich auf Barrieren, die unterrepräsentierte Gruppen erfahren, sowie die Entwicklung, Durchführung und Evaluation von kleineren und grösseren Interventionen, um deren Auswirkungen auf die Teilhabemöglichkeiten zu erforschen (z. B. Garcia-Ruiz et al. 2022; Bosse und Pelka 2020a). Des Weiteren werden Massnahmen zur Schaffung einer inklusiven Umgebung wie universelles Design und spezifisches Mentoring beschrieben. Darüber hinaus werden Aspekte der Zugänglichkeit von Einrichtungen, Produkten und Websites behandelt sowie die Erstellung von Bildern zur Verwendung in Werbematerialien diskutiert. Auch ethische Fragen im Zusammenhang mit Menschen mit Behinderungen kommen zu Wort (Bellman et al. 2018; Linke und Wilkens 2020).

Maker Education für alle betrifft auch den Aspekt der Zugänglichkeit und Nutzbarkeit von (Schul-)Bibliotheken für alle (Ejikeme et al. 2016). Der Auftrag von Schulbibliotheken bestehe darin, einen «open to all MakerSpace» zu bieten, der unabhängig von Schulstufe und Klasse die Möglichkeit bietet, sein Talent zu entwickeln (Mersand 2021).

4.1.6 Making und spezifische Beeinträchtigungen

Einzelne Studien fokussieren Lernprozesse von Menschen mit spezifischen Beeinträchtigungen: Gomez (2019) kann für Jugendliche mit sozial-emotionalen Beeinträchtigungen nachweisen, dass die gemeinsame Lernerfahrung beim Making deren soziale Kompetenzen und Selbstwirksamkeit fördert. Wichtig ist dabei eine Fehlerkultur (ohne Sanktionen im Falle des Scheiterns) und die Möglichkeit, im Team kreativ tätig sein zu können. Ehsan und Cardella (2020) haben Problemlöseprozesse eines Kindes mit Autismus bei der Bewältigung von Making-Challenges untersucht und beobachtet, dass der Umgang mit schlecht strukturierten Problemstellungen trainiert werden muss. Unterstützen kann dagegen eine Serie von Aktivitäten, die aufeinander aufbauen und eine ähnliche Struktur haben.

4.1.7 Prototyping und Service Learning

Andere Studien bzw. konzeptionelle Überlegungen beziehen sich auf Prototypenentwicklung für Menschen mit Behinderungen im MakerSpace. Die Prototypen sind entweder für die Nutzung durch Menschen mit Behinderungen zugeschnitten/optimiert (z. B. barrierefrei) oder sie greifen das Thema Behinderung explizit auf bzw. sensibilisieren dafür (z. B. Bosse und Pelka 2020b; Cucinelli 2017). Entwickler:innen sind – je nach Projekt – sowohl Menschen mit als auch Menschen ohne Behinderungen, die sich im Rahmen von Service Learning in die Bedürfnisse von Menschen mit Behinderungen einfühlen und mittels Design Thinking Prototypen entwickeln

(Lozano 2022). Im Sinne der Maker Education wird aber darauf hingewiesen, dass Menschen mit Behinderungen möglichst selbst zu Akteur:innen werden sollen. Assistive Produkte sollten sich auf einzigartige Bedürfnisse und Präferenzen von Menschen konzentrieren. Menschen müssen im Zentrum der Entscheidungsfindung bei der Entwicklung stehen (Desmond et al. 2018).

«Children with disabilities deserve particular attention as they have various special needs, which pose a challenge but also an opportunity for makerspaces regarding inclusiveness as well as to develop innovative solutions for special needs. The opportunity for the children to use makerspaces to develop such solutions themselves should be highlighted» (Geser et al. 2019, 69).

4.1.8 Migration und soziokulturelle Unterschiede

Die Fragen von Migration/ethnischer Zugehörigkeit werden im Kontext von Maker Education in engem Zusammenhang diskutiert. Am häufigsten stehen die MINT-Fächer im Fokus entsprechender Darstellungen. Khalil et al. (2020) zeigen, dass die Bildungsstandards in den MINT-Fächern noch nicht genügen, um Lernenden identische Chancen auf studiums- oder berufsqualifizierende Abschlüsse eröffnen. Ebenso wird die Bedeutung von Lehrpersonen sowie Gründer:innen von MakerSpaces als Role Models und kulturelle Übersetzer:innen herausgearbeitet (Hurst et al. 2019; Masters et al. 2019; Barajas-López und Bang 2018). Gleichermassen wird deutlich, dass Design Thinking eine geeignete Methode darstellt, um Minderheiten zu erreichen, die im klassischen Unterricht weniger Chancen haben (Khalil et al. 2020). Masters et al. (2019) zeigen konkret auf, wie MakerSpaces konzipiert, konstruiert und betrieben werden können, um Gruppen aktiv einzubeziehen, die in den MINT-Fächern traditionell benachteiligt sind.

Eine grössere Rolle spielen auch die Themen soziokulturelle Unterschiede und kulturelle Ressourcen. Dabei geht es zum Beispiel um die Frage, welche Möglichkeiten es gibt, um eine Kultur der Zugehörigkeit durch die Gestaltung des Raums zu fördern. So müssen beispielsweise physikalische Aspekte (z. B. die Farbe der Wände, die Bodengestaltung, Poster usw.) mit der strukturellen Gestaltung des Raums in Einklang gebracht werden (z. B. ist er offen, zugänglich, einladend?). Wenn Räume z. B. einladend auf Menschen mit unterschiedlichen geschlechtlichen und ethnischen Identitäten wirken sollen, sollten zu wichtigen Veranstaltungen im Laufe des Schuljahres (z. B. Pride History Month, Black History Month usw.) Werbematerialien in den Raum gestellt werden sowie persönliche und Arbeiten von Schüler:innen hervorgehoben werden, welche die Vielfalt unter den Schüler:innen widerspiegeln. Dies sollte sowohl im Raum selbst als auch auf den Websites oder in den sozialen Medien

geschehen. Die Förderung eines soziokulturellen Ansatzes bei der Gestaltung von Aktivitäten kann dafür sorgen, dass der Wissensschatz des Einzelnen erweitert und sein Zugehörigkeitsgefühl verbessert wird (Villanueva Alarcon et al. 2021).

Des Weiteren konnten einige wenige Veröffentlichungen identifiziert werden, die sich mit den Themen Diskriminierung (vgl. Masters et al. 2019; Hackney et al. 2022; Fuchsberger et al. 2023; Dawson 2017), heterogene Teams (vgl. Fields et al. 2018; Full et al. 2021), Mehrsprachigkeit (vgl. Esquienza et al. 2021; Harron und Hughes 2018) sowie Sicherheit beschäftigen.

Insgesamt hat das Scoping Review gezeigt, dass bereits deutlich mehr wissenschaftliche Publikationen im Kontext von Inklusion und Making vorliegen als im Kontext von Inklusion und Nachhaltigkeit. Daher können die Publikationen zum letztgenannten Themenkomplex etwas tiefer gehend zusammengefasst werden.

4.2 Making und Nachhaltigkeit

Vor dem Hintergrund des Drei-Säulen-Modells von Nachhaltigkeit (u. a. Grunwald und Kopfmüller 2012) wird im Gros der Beiträge Nachhaltigkeit als ökologische Dimension verstanden. Dann rücken im Kontext von Making Fragen des Re- und Upcyclings, der Reparatur und zirkulären (Wieder)Verwendung von Materialien, der Verwendung umweltfreundlicher Materialien und Produkte, der Gestaltung umweltfreundlicher Produktionsprozesse, die Potenziale von lokaler Produktion und neue Lieferketten sowie die Bewusstseinsbildung in der Perspektive der Nachhaltigkeit in den Fokus (überblickartig Unterfrauner et al. 2019).

4.2.1 Nachhaltige Verwendung von Materialien und Produkten

Mit Blick auf Making und Nachhaltigkeit stellt die Auseinandersetzung mit den verwendeten Materialien und Produkten in MakerSpaces einen deutlichen Schwerpunkt der untersuchten Studien dar (u. a. Unterfrauner et al. 2019; Bakirlioglu und Kohtala 2019; Millard et al. 2018; Vuylsteke et al. 2022; Soomro et al. 2021; Georgiev et al. 2023). Unterfrauner et al. (2019) betonen in diesem Zusammenhang die Bedeutung von «circular material flow-repairing, recycling und upcycling» (Unterfrauner et al. 2019, 1524) sowie die Relevanz von «environmentally friendly materials and products» (ebd., 1525). Dieser Fokus auf Fragen des Re- oder Upcyclings von Materialien und Produkten, der Wiederverwendung von Materialien und Produkten, der Reparatur von Geräten/Maschinen/Werkzeugen o. ä. und der einhergehenden Vermeidung von (e-)Abfall spiegelt sich in weiteren Studien wider (Millard et al. 2018; Bakirlioglu und Kohtala 2019; Soomro et al. 2021; Georgiev et al. 2023). Darüber hinaus verweisen Vuylsteke et al. (2022) auf den Einsatz von organischen, biologischen («bio-based») und organisch-biologisch abbaubaren Materialien in Making(Prozessen)

(Vuylsteke et al. 2022; Soomro et al. 2021) sowie gleichermaßen auf die Verwendung von lokal verfügbaren Materialien und Produkten (Soomro et al. 2021). Soomro et al. (2021) verweisen ebenso auf die Effizienz von Geräten/Maschinen/Werkzeugen o. ä. bzw. auf deren effizienten Einsatz und möglichst lange Lebensdauer (Soomro et al. 2021). Insbesondere wird die Bedeutung von Energieverbrauch und Emissionen thematisiert (Soomro et al. 2021; Georgiev et al. 2023). Bakirlioglu und Kothala plädieren für die Verwendung von ökologisch nachhaltigen Energien «cleaner energy sources» (2019, 413) im Betrieb eines MakerSpaces.

Mehrere Autor:innen bringen die Verwendung von Materialien und Produkten mit Überlegungen zur «circular economy» bzw. zu «circularity» – also einer Kreislaufwirtschaft/einem Kreislauf der Verwendung von Materialien und Produkten – in Verbindung (Millard et al. 2018; Vuylsteke et al. 2022; Unterfrauner et al. 2019; Soomro et al. 2021). Soomro et al. schlagen die Implementierung einer «life cycle assessment method based on material and manufacturing processes» in MakerSpaces vor (2021, 5).

Mit Blick auf die nachhaltige Verwendung von Materialien und Produkten im Kontext von Making folgern Millard et al. (2018), dass

«The most important environmental sustainability impacts are more sustainable consumption and circular economy impacts, perhaps related to the strong material re-use and high resource use efficiency of makers» (Millard et al. 2018, 22)

4.2.2 Nachhaltige Gestaltung von Produktionsprozessen

In Verbindung mit den verwendeten Materialien und Produkten rücken gleichermaßen die Produktionsprozesse in den Blick (vgl. Soomro et al. 2021, 5). Unterfrauner et al. (2019, 1527) sprechen von «environmentally friendly production processes».

Bezugnehmend auf den Ansatz des Design Thinking nennen Soomro et al. verschiedene Orientierungen für die Gestaltung nachhaltiger MakerSpaces/nachhaltigen Makings, welche sich im Besonderen auf «the use of renewable material and the efficient employment of tools.» (2021, 5) beziehen:

- (a) Verwendung von lokal verfügbaren Materialien,
- (b) Verwendung von CAD-Software, um Material beim Prototypen und Zeit beim Betrieb von Geräten/Maschinen/Werkzeugen o. ä. einzusparen,
- (c) bestmögliche Auslastung von Geräten/Maschinen/Werkzeugen o. ä. im Sinne von Effizienz,
- (d) Auswahl von Geräten/Maschinen/Werkzeugen o. ä. entlang ihres Energie- und Materialverbrauchs,
- (e) bestmögliche Wiederverwendung von elektronischen Komponenten (oder anderen Materialien) von früheren Prototypen,

- (f) Auswahl von Materialien entlang ihrer ökologischen Auswirkungen,
- (g) Verwendung von Materialien, welche mehrfach bzw. multifunktional eingesetzt werden können,
- (h) bestmögliches Auseinanderbauen des Prototypen nach Test/Testphase und Wiederverwenden von eingesetzten Materialien (Soomro et al. 2021, 14).

Auch Georgiev et al. (2023) führen verschiedene Hinweise zur Gestaltung von nachhaltigen «digital fabrication»-Bildungsangeboten an:

- (a) Bewusstsein für verschiedene Möglichkeiten und Alternativen zur Materialisierung von Prototypen schärfen; Herstellung der gesamten Prototypstruktur durch ein anderes digitales Fertigungsverfahren; Zerlegung der Prototypstruktur und Materialisierung verschiedener Komponenten mit verschiedenen digitalen Fabrikationsverfahren;
- (b) Verständnis für verschiedene Design-Iterationen, ihren Zweck und ihre Auswirkungen auf Nachhaltigkeit verstehen, z. B. mit übrig gebliebenen, recycelten oder wiederverwendeten Materialien;
- (c) die Design Thinking-Phase «Ideate» nutzen, um nachhaltigere Materialien, Prozesse und Demontageverfahren zu erreichen; Ideation, Prototyping und Testing können teilweise mithilfe von Software durchgeführt werden; Ideenfindungsphase nutzen, um die Nachhaltigkeitsindikatoren zu verbessern;
- (d) Bewusstsein für die potenzielle Wiederverwendung von Komponenten und die Möglichkeiten der Wiederverwendung von Elementen fördern; eine gemeinsame Dokumentationsplattform, auf der Schüler:innen Lösungen und Erfolge teilen können (Georgiev et al. 2023).

4.2.3 Lokale Produktion und neue Liefer- und Beschaffungswege/-ketten

Ebenso wird in den untersuchten Beiträgen auf die (positiven) Auswirkungen von lokaler Produktion und hiermit einhergehender Lieferketten bzw. Beschaffungswegen für die Nachhaltigkeit von MakerSpaces/von Making hingewiesen (Unterfrauner et al. 2019; Bakirlioglu und Kothala 2019; Soomro et al. 2021). Einerseits wird hier die Herstellung von Produkten in MakerSpaces als förderlich für Nachhaltigkeit begriffen (z. B. Bakirlioglu und Kothala 2019; Soomro et al. 2021). Andererseits gilt der Rückgriff auf lokal verfügbare Materialien und Produkte für Making als nachhaltig (z. B. Soomro et al. 2021). Beide Perspektiven zielen auf die Reduktion von Transportwegen und damit von Energieaufwand und Emissionen (Soomro et al. 2021; Bakirlioglu und Kohtala 2019).

Einige Beiträge weisen auf das Potenzial von MakerSpaces für die Herstellung von Materialien und Produkten hin, die Nachhaltigkeit fördern. So können zum Beispiel Solarpaneele produziert werden (Kapon et al. 2020).

In diesem Zusammenhang wird auch auf einen Kreislauf der Verwendung von Materialien und Produkten in MakerSpaces und Making(Prozessen) verwiesen (Bakirlioglu und Kohtala 2019).

4.2.4 Bewusstseinsbildung aus der Perspektive der Nachhaltigkeit

In Bezug auf die im Kontext Making und Maker-Communities verbreitete Idee eines MakerMindSets verweisen viele Studien auf dessen Erweiterung um eine «awareness of environmental issues within the maker community» (Unterfrauner et al. 2019, 1527). Diesbezüglich sprechen Millard et al. von der Aufgabe des «Jumping the sustainability gap» (2018, 27). Sie konstatieren:

«Yet, there remains a significant gap between «making», on the one hand, and social and sustainable innovation on the other. Making is often still dominated by the latest gadgets, technical prowess and playful experimentation which are of strategic importance for innovation. However, social and sustainable innovations require stronger connections with communities that have been active – often for decades – improving the living conditions of marginalized people, protecting the environment or caring for older people.» (Millard et al. 2018, 27)

Weitergehend führen Millard et al. an, dass Nachhaltigkeit im Kontext von Making «(...) more difficult to understand and engage with (...)» ist, da mit dem Begriff Nachhaltigkeit ein gewisser Grad an Abstraktheit einhergeht (2018, 5). Zur Bewusstseinsbildung für Nachhaltigkeit im Kontext Making können Pädagog:innen, so MacDowell (2021), auf fünf Prinzipien von «sustainable design challenges», zurückgreifen (MacDowell 2021, 143): (a) Prinzip des nachhaltigen Denkens, (b) Finden und Lösen von nachhaltigkeitsbezogenen Problemen, (c) Bedeutung von Kreativität für die Schaffung nachhaltiger Veränderungen; (d) MakerSpaces als «lebendige Gemeinschaften» (MacDowell 2021, 143–145).

Stark et al. (2020) untersuchten im Projekt ecoMaker die Einstellungen und Bedürfnisse verschiedener Zielgruppen in MakerSpaces rund um das Thema Nachhaltigkeit. Hieraus resultieren Werkzeuge und Methoden, um MakerSpaces nachhaltig zu gestalten (Stark et al. 2020). Ausgehend von einem Selbstbild (vieler) Maker:innen, welches Nachhaltigkeit eher wenig integriert hat, entwickelten Klemichen et al. (2022) das Konzept «ecoMaker Design Sprint» zur (Weiter)Entwicklung von MakerSpaces hin zu (mehr) Nachhaltigkeit (Klemichen et al. 2022).

Mit konkretem Blick auf Schüler:innen arbeiten Burke und Crocker (2020, 1) heraus, dass MakerSpaces als «third spaces» Potenziale bieten, sodass Kinder starke emotionale Beziehungen zu konkreten Formen des Naturschutzes entwickeln, die wiederum treibende Kräfte sind, Kinder starke emotionale Beziehungen zu

konkreten Formen des Naturschutzes entwickeln, die wiederum treibende Kräfte sind «(...) for relational values that create conservation-oriented mindsets». Darüber hinaus untersuchen Sheridan et al. (2020, 1285) die Zusammenhänge zwischen «environmental education» und «maker literacies» mit dem Ziel, die «intra-active relations between children, environment and materials» herauszuarbeiten.

In Erweiterung ist anzuführen, dass Bakirlioglu und Kohtala die Bedeutung von «globally adaptable versions of locally developed solutions» von MakerSpaces/ von Making in Perspektive Nachhaltigkeit vorschlagen, um global Erkenntnisse zu nachhaltigem Making weiterzugeben (2019, 412). Ebenso liegen erste theoretisch-konzeptionelle Vorschläge zur (Aus)Gestaltung von schulischem Making vor, welche das Thema Nachhaltigkeit berücksichtigen (Barajas Lopez und Bang 2018, 1).

4.3 Inklusive und nachhaltige Maker Education (an Schulen) im Zusammenhang betrachtet

Verbindungen von Nachhaltigkeit und Inklusion im Kontext von MakerSpaces bzw. Making verdichten sich entlang zweier zentraler Punkte: einerseits der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen von MakerSpaces sowie von Ansätzen des Makings, sodass diese von einer Vielzahl (möglicher) Teilnehmer:innen genutzt werden können, um in der Perspektive von Nachhaltigkeit an und in MakerSpaces zusammenzuarbeiten (u. a. Bakirlioglu und Kothala 2019; Soomro et al. 2021). In diesem Zusammenhang ist die «availability of and accessibility to technology through openly available design solutions» (Bakirlioglu und Kothala 2019) zu nennen. Ebenso sind Ansätze wie «Engineering for Sustainable Communities» (Calabrese-Barton et al. 2021, 93) zu nennen, welche Schüler:innen dabei unterstützen, Technik für gesündere, glücklichere und gerechtere Communities zu entwickeln (Calabrese-Barton et al. 2021).

Andererseits werden die Potenziale von MakerSpaces sowie von Making-Ansätzen für die gesellschaftliche Integration und Teilhabe hervorgehoben. Bakirlioglu und Kohtala (2019, 413) betonen die Entwicklung von sinnvollen, nachhaltigen Lösungen durch gemeinschaftliche Gestaltungsmethoden und das Empowerment von Menschen mit Behinderungen durch «technology visibility». Zudem wird die Bedeutung von offenen Lösungen unterstrichen, die Menschen mit Behinderungen ein selbstständiges Leben ermöglichen.

Bezüge zwischen Nachhaltigkeit und Inklusion sowie Bildung, werden von Gitari et al. (2020) entlang der Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen adressiert. In ähnlicher Perspektive legen Godhe et al. das Konzept einer «Critical Making Literacy» vor, welches unter anderem die Reflexion der rechtlichen, ethischen (u. a. auf Inklusion/ Soziale Ungleichheit bezogenen) und auf ökologische Nachhaltigkeit bezogenen Aspekte von Making in den Blick nimmt (2019, 326).

Weitere Verbindungen von Nachhaltigkeit und Inklusion im Kontext von Maker-Spaces bzw. von Making zeichnen Millard et al. entlang der Betrachtung von Nachhaltigkeit und Gender nach: «(...) female leaders tend to achieve much higher sustainability impacts than their male counterparts» (2018, 1). Darüber hinaus verweisen Barajas-López und Bang auf die Bedeutung eines STEAM-Programms, welches entwickelt wurde, um soziale und ökologisch-gerechte «(...) nature-culture relations grounded in Indigenous ways of knowing, being, and making» (2018, 1) zu kultivieren.

5. Diskussion und Fazit: Zusammenführung der Diskurse zu Inklusion und Nachhaltigkeit im Kontext von Making

Im Rahmen des Scoping Reviews konnten einerseits die Kernthemen der Diskurse zu Making und Inklusion sowie Making und Nachhaltigkeit sowie bestehende Bezüge zwischen den Themen Making, Inklusion und Nachhaltigkeit herausgearbeitet werden. Beiden Themenkomplexen ist im Kontext von Making gemein, dass es um die Aneignung von Zukunftskompetenzen in von Digitalität und Digitalisierung geprägten Gesellschaften geht. Einerseits kann Nachhaltigkeit hierbei als Voraussetzung für Inklusion angesehen werden – in der Form, dass Nicht-Nachhaltigkeit ein Katalysator sozialer Ungleichheit und sozialen Ausschlusses sein kann (Schluchter 2021, 4–5). Entsprechend leistet Nachhaltigkeit im Kontext von Making – zum Beispiel über Veränderungen auf Ebene der verwendeten Materialien (u. a. Wiederverwendung von Materialien, ökologisch abbaubare Materialien etc.) sowie auf Ebene der Making-Prozesse (u. a. OpenDesign, Circularity/Circular Economy etc.), einen Beitrag für die Vermeidung von durch Nicht-Nachhaltigkeit entstehenden Formen sozialer Ungleichheit bzw. sozialen Anschlusses. Andererseits kann Inklusion hierbei als Voraussetzung von Nachhaltigkeit angesehen werden, da Möglichkeiten zur gesellschaftlichen Zugehörigkeit und Teilhabe bedeutsam für die (Mit-)Gestaltung von Gesellschaft(en) in Perspektive Nachhaltigkeit sind. Vor dem Hintergrund der ungleichen Verteilung dieser Möglichkeiten ist eine Perspektive von Inklusion notwendig (ebd.). Entsprechend ermöglicht Inklusion im Kontext von MakerSpaces bzw. Making allen Menschen die Möglichkeit, MakerSpaces zu nutzen (u. a. Accessibility, Universal Design [for Learning] etc.), um Gesellschaft – auch in der Perspektive der Nachhaltigkeit – mitzugestalten.

Mit Blick auf die (digitalen) (Medien-)Technologien, welche in MakerSpaces bzw. in Making(-Prozessen) Verwendung finden – verbunden mit der Förderung von Medienkompetenz, aber auch Möglichkeiten der Reparatur und/oder dem Einsatz für (nicht nur technische, sondern auch soziale) Innovationen in Perspektive auf Nachhaltigkeit –, können MakerSpaces zu einem Ort werden, wo Digitalisierung und Nachhaltigkeit zusammengedacht werden. So können Technologien eingesetzt

werden, um nachhaltiges Handeln möglich zu machen, aber es können auch Überlegungen entstehen, wie die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Technologien nachhaltig werden können (u. a. Lange und Santarius 2020). Wesentliche Prinzipien sind hierbei Effizienz (z. B. Vermeidung von Abfall durch CAD-Planung) und Suffizienz (z. B. Braucht es einen bestimmten Prototypen überhaupt?). Die Prämisse, dass die Welt gestaltbar ist, findet sich eingeschrieben in der MakerCulture und ist somit wesentlicher Ausgangspunkt für Nachhaltigkeit und Inklusion. Bewusstseinsbildung für eine nachhaltige und inklusive Gestaltung ist sowohl in der Bildung für nachhaltige Entwicklung als auch in der Inklusiven Bildung von zentraler Bedeutung. Diese gilt es explizit mit dem Maker Mindset zu verbinden.

Auch Fragen von gesellschaftlicher Zugehörigkeit und Teilhabe sind in von Digitalität und Digitalisierung geprägten Gesellschaften eng an den Umgang mit Technologien gebunden, weshalb die Auseinandersetzung mit diesen für alle Menschen bedeutsam ist. MakerSpaces bieten in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, zum Beispiel Kompetenzen im Umgang mit Technologien zu erwerben, individuell angepasste Alltagshilfen herzustellen sowie Gemeinschaft(en) aufzubauen (u. a. Bosse, Maurer, und Schluchter 2022).

Ein gemeinsamer Bezugspunkt von Nachhaltigkeit und Inklusion liegt in den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (UN SDGs). Das zeigt sich insbesondere anhand von Ziel 4 «Hochwertige Bildung» (UNESCO 2017), welches beide Perspektiven zusammenführt. Darüber hinaus lassen sich Schnittpunkte zwischen den UN SDGs und Studien zum nachhaltigen Making konstatieren, was beispielsweise an Ziel 12 «Responsible Consumption and Production» zum Ausdruck kommt. Making hat seit seiner Entstehung starke Bezüge zur nachhaltigen Entwicklung. Im Sinne der Open Source Bewegung ist Making mit dem Anspruch verbunden, neues Wissen, Erfahrungen, Produktideen oder bewährte Problemlösungen mit anderen zu teilen. Dieser Anspruch, der sich ebenfalls im Nachhaltigkeitsziel 4 «Hochwertige Bildung» (UNESCO 2017) spiegelt, kann im schulischen Making eingelöst werden. Deutlich wurde, dass die Themen Inklusion und Nachhaltigkeit im Kontext von Making dennoch bisher selten im Zusammenhang beforscht und diskutiert werden, obwohl es grosse Gemeinsamkeiten bei zahlreichen weiteren Themen wie soziale Nachhaltigkeit und soziale Innovationen gibt. Hier besteht weiterhin ein Forschungs- und Entwicklungsdesiderat.

Methodenkritisch ist festzuhalten, dass Scoping-Studien eine geeignete Methode darstellen, um ein Forschungsgebiet zu erfassen, das mehrere Disziplinen umfasst und eine Vielzahl von Forschungszugängen beinhaltet. Die Methode weist aber auch Limitationen auf. In Ermangelung eines klar definierten Bereichs und eindeutiger, klar definierter Suchbegriffe werden einige Studien bei der Suche möglicherweise nicht erfasst. Um diese Möglichkeit zu minimieren, wurde eine grosse Vielfalt an Suchbegriffen verwendet und diese mehrmals differenziert (Krägeloh et al. 2016,

15). Die Ergebnisse hängen auch davon ab, welche Datensätze die jeweiligen Universitätsbibliotheken bei der Suche via EBSCO Host hinterlegen, was wiederum mit den kostenpflichtigen Datenbanken zusammenhängt, auf die im konkreten Fall die Universität Konstanz zugreifen kann. Auch wurden zwölf Ergebnisse nicht in die engere Auswahl genommen, da die Datensätze unvollständig waren. Auch die Bildung der Kategorien für die zusammenfassende Inhaltsanalyse ist kritisch zu reflektieren, da Kategorien wie «Menschen mit Behinderung», «Gender» oder «Race» bereits unter den Inklusionsbegriff fallen, der als eigene Hauptkategorie verwendet wurde.

Insgesamt ist dieses Review der Versuch, die Potenziale von Inklusion und Nachhaltigkeit beim pädagogischen Making herauszuarbeiten und dafür notwendige schulische Rahmenbedingungen zu beschreiben. Dabei ist deutlich geworden, dass – trotz der gesamtgesellschaftlichen Aufgabe der Bildung für nachhaltige Entwicklung und ihrer Bedeutung insbesondere auch für benachteiligte Gruppen – bisher erst wenige wissenschaftlich fundierte inklusive Bildungskonzepte vorliegen.

Literatur

- Ardito, Gerald, Betül Czerkawski, und Lauren Scollins. 2020. «Learning Computational Thinking together. Effects of Gender Differences in Collaborative Middle School Robotics Program». *TeachTrends* 64: 373–87.
- Arksey, Hilary, und Lisa O'Malley. 2005. «Scoping studies: towards a methodological framework». *International journal of social research methodology* 8.1. 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>.
- Bakirlioglu, Yekta, und Cindy Kohtala. 2019. «Framing Open Design through theoretical Concepts and Practical Applications. A Systematic Literature Review». *Human-Computer Interaction*. 34 (5–6): 389–432. <https://doi.org/10.1080/07370024.2019.1574225>.
- Barajas-López, Filiberto, und Megan Bang. 2018. «Indigenous Making and Sharing: Claywork in an Indigenous STEAM Program». *Equity & Excellence in Education* 51 (1): 7–20. <https://doi.org/10.1080/10665684.2018.1437847>.
- Bellman, Scott, Sheryl Burgstahler, und Eric H. Chudler. 2018. «Broadening Participation by Including more Individuals with Disabilities in STEM. Promising Practices from an Engineering Research Center». *American Behavioral Scientist* 62 (5): 645–56.
- Bosse, Ingo, Björn Maurer, und Jan-Rene Schluchter. 2022. «Inklusives Making in der Schule: Chancen für Empowerment und Partizipation». *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik* (11): 34–41.
- Bosse, Ingo, und Bastian Pelka. (2020a). «Peer production by persons with disabilities – opening 3D-printing aids to everybody in an inclusive MakerSpace,» *Journal of Enabling Technologies*, 14 (1) 41–53. <https://doi.org/10.1108/JET-07-2019-0037>.

- Bosse, Ingo, und Bastian Pelka. (2020b). «Selbstbestimmte und individualisierte Fertigung von Alltagshilfen per 3D-Druck für Menschen mit Behinderungen». *Orthopädie Technik* (2): 2–8.
- Boyle, Julia. 2019. «The butterfly brigade. MakeHer take flight and bring making into lower secondary school science». *Physics Education* 54: 1–16.
- Burke, Anne, und Abigail Crocker. 2020. ««Making» Waves: How Young Learners Connect to Their Natural World through Third Space». *Education Sciences* 10 (8): 203. <https://doi.org/10.3390/educsci10080203>.
- Calabrese-Barton, Angela M., Kathleen Schenkel, and Edna Tan. 2021. «The Ingenuity of Everyday Practice. A Framework for Justice-Centered Identity Work in Engineering in the Middle Grades». *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 11 (1): 89–112.
- Cucinelli, Giuliana. 2017. «Adaptive (podcast), Montreal*in/accessible (mobile app), Accessible Arcade Tables (DIY project)». *Journal of Media Literacy Education* 9 (2): 122–31. <https://doi.org/10.23860/JMLE-2019-09-02-10>.
- Desmond, Deirdre, Natasha Layton, Jacob Bentley, Fleur Heleen Boot, Johan Borg, Vishnu Maya Dhungana, Pamela Gallagher, et al. 2018. «Assistive Technology and People. A Position Paper from the first global research, innovation and education on assistive technology (GREAT) summit. Disability and Rehabilitation». *Assistive Technology* 13 (5): 437–44.
- Ehsan, Hoda, und Monica E. Cardella. 2020. «Capturing Children with Autism’s Engagement in Engineering Practices: A Focus on Problem Scoping». *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 10 (1): 1–11. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1262>.
- Einarsson, Árni Már. 2021. «Crafting, connecting, and commoning in everyday maker projects». *International Journal of Human-Computer Studies* 156: 1–11.
- Ejikeme, Anthonia E., und Helen N. Okpala (2016): «Promoting Children’s learning through technology literacy. Challenges to School librarians in the 21st Century». *Educ Inf Technol* 22: 1163–77.
- Esquinca, Alberto, Maria Teresa de la Piedra, und Lidia Herrera-Rocha. 2021. «Engineering design in dual language. How teachers leveraged biliteracy practices to add engineering disciplinary literacy practices». *Bilingual Research Journal* 44 (3): 298–317. <https://doi.org/10.1080/15235882.2021.1970655>.
- Fields, Deborah Ann, Yasmin Kafai, Tomoko Nakajima, Joanna Goode, und Jane Margolis. 2018. «Putting Making into High School Computer Science Classrooms: Promoting Equity in Teaching and Learning with Electronic Textiles in Exploring Computer Science». *Equity & Excellence in Education* 51 (1): 21–35. <https://doi.org/10.1080/10665684.2018.1436998>.
- Fuchsberger, Verena, Dorothé Smit, Nathalia Campreguer Franca, Cornela Gerdenitsch, Olivia Jaques, Joanna Kowolik, Georg Regal, und Emma Roodbergen. 2023. «Heterogeneity in making. Findings, approaches, and reflections on inclusivity in making and makerspaces». *Frontiers in Human Dynamics* 4: 1–7. <https://doi.org/10.3389/fhumd.2022.1070376>.

- Full, Robert J., H.A. Bhatti, P. Jennings, R. Ruopp, T. Jafar, J. Matsui, L.A. Flores, und M. Estrada. 2021. «Eyes towards tomorrow program enhancing collaboration, connections, and community using bioinspired design». *Integrative and Comparative Biology* 61 (5): 1966–1980. <https://doi.org/10.1093/icb/icab187>.
- Garcia-Ruiz, Maria-Elena, und Francisco-Javier, Lena-Acebo. 2022. «FabLabs. The Road to Distributed and Sustainable, Technological Training through Digital Manufacturing». *Sustainability* 14(7): 3938. <https://doi.org/10.3390/su14073938>.
- Georgiev, Georgi V., und Vijayakumar Nanjappan. 2023. «Sustainability Considerations in Digital Fabrication Design Education». *Sustainability* 15 (2), 1519. <https://doi.org/10.3390/su15021519>.
- Geser, Guntram, Eva-Maria Hollauf, Veronika Hornung-Prähauser, Sandra Schön, und Frank Vloet. 2019. «Makerspaces as Social Innovation and Entrepreneurship Learning Environments: The DOIT Learning Program». *Discourse & Communication for Sustainable Education* 10 (2): 60–71. <https://doi.org/10.2478/dcse-2019-0018>.
- Girati, Wanja, Daniel Foster, und Nasim B. Mashhadi. 2020. «A Commentary on Kenya’s Response to the Global STEM Movement from Social Justice Perspectives. Would School-Community Innovation Centres/Makerspaces address apparent gaps in the Proposed Curriculum?» *Comparative and International Education* 49 (1): 1–18. <https://doi.org/10.5206/cie-eci.v49i1.13437>.
- Godhe, Anna-Lena, Patrik Lilja, und Neil Selwyn. 2019. «Making sense of making. Critical Issues in the Integration of Maker Education into Schools». *Technology, Pedagogy and Education* 28 (3): 317–28. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1610040>.
- Gomez, Alvaro. 2019. *The Effects of Makerspace Learning on the social interactions among students with emotional or bevarioral disorder*. San Antonio. The University of Texas.
- Grunwald, Armin, und Jürgen Kopfmüller. 2012. *Nachhaltigkeit. Eine Einführung*. Frankfurt a. M., New York: Campus.
- Hackney, Fiona, Deidre Figueiredo, Mary Loveday, Laura Onions, und Gavi Rogers. 2022. «Maker-centricity and <edge-places of creativity> CARE-full Making in a CARE-less World». *European Journal of Cultural Studies* 25 (6): 1572–96.
- Harron, Jason R., und Joan E. Hughes. 2018. «Spacemakers: A Leadership Perspective on Curriculum and the Purpose of K-12 Educational Makerspaces». *Journal of Research on Technology in Education* 50 (3): 253–70. <https://doi.org/10.1080/15391523.2018.1461038>.
- Hughes, Roxanne, Jennifer Schellinger, und Kari Roberts. 2021. «The role of recognition in disciplinary identity for girls». *Journal of Research in Science Teaching* 58 (3): 420–55. <https://doi.org/10.1002/tea.21665>.
- Hurst, Michelle A., Naomi Polinsky, Catherine A. Haden, Susan C. Levine, und David H. Uttal. 2019. «Leveraging Research on Informal Learning to Inform Policy on Promoting Early STEM». *Social Policy Report* 32 (3): 1–33. <https://doi.org/10.1002/sop2.5>.
- Kahlil, Deena, und Meredith Kier. 2020. «Equity-Centered Design Thinking in STEM Instructional Leadership». *Journal of Cases in Educational Leadership* 24 (1): 69–85.

- Kapon, Shulamit, Maayan Schwartz, und Tal Peer. 2021. «Forms of participation in an engineering maker-based inquiry in physics». *Journal of Research in Science Teaching* 58 (2): 249–81. <https://doi-org.ezproxy.hfh.ch/10.1002/tea.21654>.
- Klemichen, Antje, Ina Peters, Ina, und Rainer Stark. 2022. «Sustainable in Action. From Intention to environmentally friendly Practices in Makerspaces based on the Theory of Reasoned Action». *Journal of Research in Science Teaching* 58 (2): 249–81. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.675333>.
- Konstantinou, Dora, Antigoni Parmaxi, und Panayiotis Zaphiris. 2021. «Mapping research directions on makerspaces in education». *Educational Media International* 58 (3): 223–47. <https://doi.org/10.1080/09523987.2021.1976826>.
- Krägeloh, Christian U., Sheree Briggs, Hye Jeong Hannah An, Erica Hinckson, James G. Phillips, und Bruce J. Tonge. 2016. «How Apps are Used by and with Individuals with Autism Spectrum Disorder». *International Journal of Cyber Behavior, Psychology and Learning* 6 (2): 1–21. <https://doi.org/10.4018/IJCBPL.2016040101>.
- Lange, Steffen, und Santarius, Tilman (2020): *Smart Green World? Making Digitalization work for Sustainability*. New York: Routledge.
- Lindmeier, Christian, und Birgit Lütje-Klose. 2015. «Inklusion als Querschnittsaufgabe in der Erziehungswissenschaft». *Erziehungswissenschaft* 26 (51): 7–16. <https://doi.org/10.25656/01:11565>
- Linke, Hanna, und Leevke Wilkens. 2020. Inklusionsorientierter Makerspace als Lernort in der digitalisierten Gesellschaft. Dimensionen des Projekts SELFMADE. In *Lernwelt Makerspace. Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl, und Richard Stang* (177–88). Berlin: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-014>.
- Love, Tyler S., Ken R. Roy, und Matthew T. Marino. 2020. «Inclusive Makerspaces, Fab Labs, and STEM Labs». *Technology and Engineering Teacher* 79 (5): 23–27.
- Lozano, Oscar R. 2022. «PRINT3D, a service-learning project for improving visually impaired accessibility through educational 3D printing». *Journal of Pre-College Engineering Education Research* 12 (1): 1–23. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1324>.
- MacDowell, Paula. 2021. «Design Principles for Teaching Sustainability within Makerspaces». *Teacher as designer: Design thinking for educational change*. 133–47. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9789-3_10.
- Masters, Adam S., Ellen K. Foster, Cassandra Groen-McCall, Lisa D. McNair, und Donna M. Riley. 2019. «Exploring Liberatory Makerspaces: Preliminary Results and Future Directions». *Advances in Engineering Education* 7 (3): 1–8. Zugriff am 03.04.2023, <https://advances.asee.org/wp-content/uploads/vol07/issue03/Papers/AEE-25-Futures-Masters.pdf>.
- Maurer, Björn, und Ingold, Selina 2021. *Making im Schulalltag: konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed. <https://doi.org/10.57668/phtg-000172>.
- Mersand, Shannon. 2021. «Untapped Potential. Makerspace as conduit for Talent Development». *Journal of Thought* 55 (3/4): 39–58.

- Millard, Jeremy, Marie Sorivelle, Sarah Deljanin, und Christian Voigt. 2018. «Is the Maker Movement contributing to Sustainability?» *Sustainability* 10 (7), 2212. <https://doi.org/10.3390/su10072212>.
- Moher, David, Alessandro Liberati, Jennifer Tetzlaff, und Douglas G. Altman. 2009. «Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis: The PRISMA Statement». *PLoS Medicine*, 6 (7), 1–6. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>.
- Newman, Mark, und David Gough. 2020. «Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application». In *Systematic Reviews in Educational Research*, herausgegeben von Olaf Zawacki-Richter, Michael Kerrers, Svenja Bedenlier, Melissa Bond u. Katja Buntins, 3–22. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1.
- Page, Matthew J., Joanne E. McKenzie, Patrick M. Bossuyt, Isabelle Boutron, Tammy C. Hoffmann, Cynthia D. Mulrow, Larissa Shamseer, et al. 2021. «The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews». *BMJ* 2021. 372 (71). doi: 10.1136/bmj.n71.
- Rushton, Elizabeth A.C., Heather King. 2020. «Play as a pedagogical vehicle for supporting gender inclusive engagement in informal STEM education». *International Journal of Science Education* 10 (4): 376–389. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1853270>.
- Schluchter, Jan-René. 2021. «Medienbildung, Bildung für nachhaltige Entwicklung und Inklusion/ Inklusive Bildung. Eine Annäherung». *merz – Medien und Erziehung* 65 (4): 7–11. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.4.13>.
- Sheridan, Mary P., Amélie Lemieux, Ashley Do Nascimento, und Hans Christian Arnseth. 2020. «Intra-active entanglements: What posthuman and new materialist frameworks can offer the learning sciences». *British journal of educational technology*. 51 (4): 1277–91. <https://doi.org/10.1111/bjet.12928>.
- Smit, Dorothé, und Verena Fuchsberger. 2020. «Sprinkling Diversity: Hurdles on the Way to Inclusiveness in Makerspaces». *Proceedings of the 11th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Shaping Experiences, Shaping Society*. 1–8. <https://doi.org/10.1145/3419249.3420070>.
- Soomro, Sohail Ahmed, Hernan Casakin, und Georgie V. Georgiev. 2021. «Sustainable Design and Prototyping Using Digital Fabrication Tools for Education». <https://doi.org/10.3390/SU13031196>.
- Stark, Rainer, Antje Klemichen, und Ina Roeder. 2020. «ecoMaker – Gestaltung umweltschonender Produkte in Makerspaces». Abschlussbericht. TU Berlin.
- Steele, Katherine, Maya Cakmak, und Brianna Blaser. 2018. «Accessible Making. Designing a makerspace for accessibility». *International Journal of Designs for Learning* 9 (1): 114–21.
- Trahan, Keith, Stephanie Maietta Romero, Renata de Almeida Ramos, Jeffrey Zollars, und Cynthia Tananis. 2019. «Making success. What does large-scale integration of making into a middle and high school look like?». *Improving Schools* 22 (2): 144–57.

- UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2017). *Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives*. Paris: UNESCO. Zugriff am 03.04.2023, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- Unterfrauner, Elisabeth, Jing Shao, Margit Hofer, und Claudia M. Fabian. 2019. «The environmental value and impact of the Maker movement – Insights from a cross-case analysis of European maker initiatives». *Business Strategy and the Environment* 28 (8): 1518–33. <https://doi-org.ezproxy.hfh.ch/10.1002/bse.2328>.
- Villanueva Alarcón, Idalis, Robert Jamaal Downey, Louis Nadelson, Jana Bouwma-Gearhart, und YoonHa Choi. 2021. «Light Blue Walls and Tan Flooring: A Culture of Belonging in Engineering Making Spaces (or Not?)». *Education Sciences* 11 (9): 559. <https://doi.org/10.3390/educsci11090559>.
- Vuylsteke, Bert, Louise Dumon, Jan Detand, und Francesca Ostuzzi. 2022. «Creating a Circular Design Workspace: Lessons Learned from Setting up a «Bio-Makerspace»». *Sustainability* 14 (4): 2229. <https://doi.org/10.3390/su14042229>.
- Zorn, Isabel, Jan-René Schluchter, und Ingo Bosse. 2019. Theoretische Grundlagen inklusiver Medienbildung, herausgegeben von Ingo Bosse, Jan-René Schluchter, und Isabel Zorn. *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (S. 16–33). Weinheim; Basel: Beltz Juventa.

Anhang

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
1	Aldehbashi, Kholoud (2021)	Genius Hour and Makerspace for Students.	Sekundar- stufe 2	Saudi Arabien	Pädago- gik Biblio- thek
2	Anderson, Amelia and Abigail L. Phillips (2021)	Makerspaces designed for all. Creating equitable and inclu- sive learning environments in libraries.	Bibliothek Community	USA	Biblio- thek
3	Andrews, Madison E., Maura Borrego, and Audrey Boklage (2021)	Self-Efficacy and belonging. The Impact of a university makerspace.	Hochschule / Universität	USA	STEM/ STEAM
4	Ardito, Gerald, Betül Czerkawski, and Lauren Scollins (2020)	Learning Computational Thinking Together: Effects of Gender Differences in Collabo- rative Middle School Robotics Program.	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM
5	Bakirlioglu, Yekta and Cindy Kohtala (2019)	Framing Open Design through theoretical Concepts and Practical Applications. A Sys- tematic Literature Review.	Review	Irland	Human- Compu- ter-Inter- action
6	Barajas-López, Filiberto and Megan Bang (2018)	Indigenous Making and Sha- ring: Claywork in an Indige- nous STEAM Program.	Bibliothek Community	USA	STEM/ STEAM
7	Baroutsis, Aspa and Colleen Towers (2017)	Makerspaces: Inspiring writing in young children.	Primarstufe	Austra- lien	Science & Tech- nology Studies
8	Bellman, Scott, Sheryl Burgstah- ler, and Eric H. Chudler (2018)	Broadening Participation by Including More Individuals With Disabilities in STEM: Promising Practices from an Engineering Research Center.	Hochschule / Universität	USA	STEM/ STEAM
9	Bernstein, Debra, Gillian Puttick, Kristen Wendell, Fayette Shaw, and Ethan Danahy (2022)	Designing biomimetic robots: iterative development of an integrated technology design curriculum.	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM interdiszi- plinär

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
10	Boccardi, Alyssa, Kimberley A. Szucs, Ikenna Desmond Ebuenyi, and Anand Mhatre (2022)	Assistive Technology Maker- spaces promote Capability of Adults with Intellectual and Developmental Disabilites.	Community	USA	Human- Compu- ter-Inter- action
11	Bosse, Ingo and Bastian Pelka (2020)	Peer Production by persons with disabilities. Opening 3D- Printing Aids to everybody in an inclusive MakerSpace.	Erwachsene	Deutsch- land	Human- Compu- ter-Inter- action
12	Bosse, Ingo and Bastian Pelka (2020)	Selbstbestimmte und indi- vidualisierte Fertigung von Alltagshilfen per 3D-Druck für Menschen mit Behinderun- gen.	Erwachsene	Deutsch- land	Human- Compu- ter-Inter- action
13	Bower, Matt, Michael Steven- son, Anne Forbes, Garry Falloon, and Maria Hatzigianni (2020)	Makerspaces pedagogy – sup- ports and constraints during 3D design and 3D printing activities in primary schools.	Primarstufe	Austra- lien	Pädago- gik STEM/ STEAM
14	Boyle, Julie (2019)	The Butterfly Brigade. Ma- keHer take flight and bring making into lower secondary school science.	Sekundar- stufe 1	Schott- land	STEM/ STEAM
15	Brownell, Cassie J. (2020)	“Keep Walls Down Instead of Up”: Interrogating Writing/ Making as a Vehicle for Black Girls’ Literacies.	Primarstufe	Kanada	Pädago- gik
16	Bull, Glen, De- nise A. Schmidt- Crawford, Michael C. McKenna, and Jim Cohoon (2017)	Storymaking: Combining Making and Storytelling in a School Makerspace.	Primarstufe	USA	Pädago- gik
17	Burke, Anne and Abigail Crocker (2020)	„Making“ Waves: How Young Learners Connect to Their Natural World through Third Space.	Vorschule Kinder- garten	Kanada	interdiszi- plinär
18	Calabrese Barton, Angela, Edna Tan, and Day Greenberg (2017)	The Makerspace Movement: Sites of Possibilities for Equi- table Opportunities to Engage Underrepresented Youth in STEM.	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
19	Calabrese Barton, Angela, Kathleen Schenkel, and Tan Edna (2021)	The Ingenuity of Everyday Practice: A Framework for Justice-Centered Identity Work in Engineering in the Middle Grades.	Primar- schule	USA	STEM/ STEAM
20	Carreon, Adam and Sean Smith (2022)	Augmented Reality as a Digital Tool to support all learners in inquiry-based learning lessons.	Primar- schule	USA	Pädago- gik Human- Compu- ter-Inter- action
21	Caspar, Stephan (2021)	Insider Spaces: Hands-on with XR in the Global Languages & Cultures Room.	Hochschule / Universität	USA	Sprache
22	Çelik, Ahmet and Selçuk Özdemir (2020)	Tinkering learning in class- room: an instructional rubric for evaluating 3D printed prototype performance.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Türkei	interdiszi- plinär
23	Ciasullo, Maria Vincenza, Rosalba Manna, and Rocco Palumbo (2019)	Developing a taxonomy of citizen science projects in primary schools. Towards sus- tainable educational quality co-production.	Primarstufe	Italien	Citizen Science
24	Crichton, Susan (2014)	Leapfrogging Pedagogy: A Design Approach to Making Change in Challenging Con- texts.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Kanada	Pädago- gik
25	Cucinelli, Giuliana (2017)	Adaptive (podcast), Montreal*in/accessible (mo- bile app), Accessible Arcade Tables (DIY project).	Community	Kanada	Pädago- gik
26	Curtis, Steven Kane, Jagdeep Singh, Oska- na Mont, and Alexandra Kessler (2020)	Systematic framework to as- sess social impacts of sharing platforms: Synthesising litera- ture and stakeholder perspec- tives to arrive at a framework and practice-oriented tool.	Review	Schwe- den	Environ- mental Econo- mics
27	Dawson, Debra L. (2017)	Lever for Change in Educatio- nal Development in Canada: Looking Back, Looking For- ward.	Hochschule / Universität	Kanada	Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
28	Dawson, Emily (2017)	Social justice and out-of-school science learning: Exploring equity in science television, science clubs and maker spaces.	auserschulisch	UK	Science & Technology Studies
29	Desmond, Deidre, Natasha Layton, Jacob Bentley, Fleur H. Boot, Johan Borg, Bishnu M. Dhungana, Pamela Gallagher, Lynn Gitlow et al. (2019)	Assistive technology and people: a position paper from the first global research, innovation and education on assistive technology (GREAT) summit.	-	Irland	Human-Computer-Interaction
30	Douglass, Helen (2021)	STEM-Rich Maker Learning: Designing for Equity with Youth Of Color	Primarstufe Sekundarstufe 1	USA	STEM/ STEAM
31	Ehsan, Hoda and Monica E. Cardella (2020)	Capturing Children with Autism's Engagement in Engineering Practices: A Focus on Problem Scoping.	Primarstufe	USA	Pädagogik
32	Einarsson, Árni Már (2021)	Crafting, connecting, and commoning in everyday maker projects.	Bibliothek Community	Dänemark	interdisziplinär
33	Ejikeme, Anthonia N. and Helen N. Okpala (2016)	Promoting Children's learning through technology literacy. Challenges to school librarians in the 21st century.	Primarstufe Bibliotheken	Nigeria	Bibliothek
34	Esquinca, Alberto, María Teresa de La Piedra, and Lidia Herrera-Rocha (2021)	Engineering design in dual language: How teachers leveraged biliteracy practices to add engineering disciplinary literacy practices.	Primarstufe	USA	Sprache Pädagogik Engineering
35	Evans, Michael, Megan Lopez, Donna Maddox, Tiffany Drape, and Rebekah Duke (2014)	Interest-Driven Learning Among Middle School Youth in an Out-of-School STEM Studio.	auserschulisch	USA	STEM/ STEAM
36	Fasso, Wendy and Allen Bruce Knight (2020)	Identity development in school makerspaces: intentional design.	Sekundarstufe 1	USA	STEM/ STEAM

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
37	Fernandez, Stephen (2021)	Making space in higher education: disability, digital technology, and the inclusive prospect of digital collaborative making.	Hochschule / Universität	Kanada	Sprache
38	Fields, Deborah Ann, Yasmin Kafai, Tomoko Nakajima, Joanna Goode, and Jane Margolis (2018)	Putting Making into High School Computer Science Classrooms: Promoting Equity in Teaching and Learning with Electronic Textiles in Exploring Computer Science.	Sekundar- stufe 2	USA	Pädago- gik STEM/ STEAM
39	Fontichiaro, Kristin (2016)	Sustaining a Makerspace.	Sekundar- stufe 1 Bibliothek	USA	Biblio- thek
40	Forbes, Anne, Garry Falloon, Michael Stevenson, Maria Hatzigianni, and Matt Bower (2021)	An Analysis of the Nature of Young Students' STEM Learning in 3D Technology-Enhanced Makerspaces.	Kinder- garten Primarstufe	Austra- lien	STEM/ STEAM
41	Friesem, Yonty (2017)	Beyond Accessibility: How Media Literacy Education Addresses Issues of Disabilities.	Hochschule / Universität	USA	Pädago- gik
42	Fuchsberger, Verena, Dorothé Smit, Nathalia Campreguer França, Cornelia Gerdenitsch, Olivia Jaques, Joanna Kowolik, Georg Regal et al. (2023)	Heterogeneity in making. Findings, approaches, and reflections on inclusivity in making and makerspaces.	Community	Öster- reich	interdiszi- plinär
43	Full, Robert J., Haider A. Bhatti, P. Devereaux Jennings, R. Ruopp, Tamara Jafar, J. Matsui, L.A. Flores et al. (2021)	Eyes toward tomorrow program enhancing collaboration, connections, and community using bioinspired design.	Hochschule / Universität	USA	STEM/ STEAM interdiszi- plinär

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
44	Garber, Elizabeth, Khaffi Beckles, Sangmin Lee, Anjana Madan, Gustav Meuschke, and Harrison Orr (2020)	Exploring the relationship between making and teaching art.	Primarstufe & Sekundarstufe 1 Hochschule / Universität	USA	STEM/ STEAM Pädago- gik
45	García-Ruiz, María-Elena and Francisco-Javier Lena-Acebo (2022)	FabLabs. The Road to Distributed and Sustainable, Technological Training through Digital Manufacturing.	Community	Spanien	interdiszi- plinär
46	Georgiev, Georgi V. and Vijayakumar Nanjappan (2023)	Sustainability Considerations in Digital Fabrication Design Education.	Hochschule / Universität	Finnland	STEM/ STEAM
47	Geser, Guntram; Eva-Maria Hollauf, Veronika Hornung-Prähauser, Sandra Schön, and Frank Vloet (2019)	Makerspaces as Social Innovation and Entrepreneurship Learning Environments: The DOIT Learning Program.	Primarstufe Sekundar- stufe 1 ausser- schulisch	Öster- reich	Entrepre- neurship (Educa- tion)
48	Gitari, Wanja; Daniel Foster, and Nasim B. Mashhadi (2020)	A Commentary on Kenya's Response to the Global STEM Movement from Social Justice Perspectives: Would School-Community Innovation Centres/Makerspaces Address Apparent Gaps in the Proposed Curriculum?	Vorschule Kinder- garten Primarstufe Sekundar- stufe 1	Kanada	STEM/ STEAM
49	Giusti, Taziana and Lucia Bombieri (2020)	Learning inclusion through makerspace: a curriculum approach in Italy to share powerful ideas in a meaningful context.	Primarstufe	Italien	Pädago- gik
50	Godhe, Anna-Lena, Patrik Lilja, and Neil Selwyn (2019)	Making sense of making. Critical Issues in the Integration of Maker Education into Schools.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Schwe- den	Pädago- gik
51	Gomez, Alvaro (2019)	The Effects of Makerspace Learning on the Social Interactions among Students with Emotional or Behavioral Disorder.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	USA	Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
52	Gomoll, Andrea, Cindy Hmelo- Silver, Selma Šabanović, and Matthew Francisco (2016)	Dragons, Ladybugs, and Softballs: Girls' STEM Engage- ment with Human-Centered Robotics.	ausser- schulisch	USA	STEM/ STEAM
53	González-Nieto, Noé Abraham, Lay-Wah Carolina Ching-Chiang, Juan Manuel Fernández- Cárdenas, Cristina G. Reynaga-Peña, David Santamaría- Cid-de-León, Alejandra Díaz-de- León-Lastras, and Azael Jesús Cortés Capetillo (2020)	FabLabs in vulnerable com- munities: STEM education opportunities for everyone.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Mexiko	STEM/ STEAM
54	Goodley, Dan, David Cameron, Kirsty Liddiard, Becky Par- ry, Katherine Runswick-Cole, Ben Whitburn, and Meng En Wong (2020)	Rebooting Inclusive Educa- tion? New technologies and Disabled People.	Erwachsene	Kanada	Pädago- gik
55	Hachey, Alyse C., Song A. An, and Diane E. Golding (2022)	Nurturing Kindergarteners' Early STEM Academic Identity Through Makerspace Peda- gogy.	Vorschule Kinder- garten	USA	STEM/ STEAM
56	Hackney, Fiona, Laura Onions, Gavin Rogers, Deirdre Figuei- redo, and Mary Loveday (2022)	Maker-centricity and 'edge- places of creativity': CARE-full making in a CARE-less world.	Community	UK	interdiszi- plinär
57	Harron, Jason R. and Joan E. Hughes (2018)	Spacemakers: A Leadership Perspective on Curriculum and the Purpose of K-12 Edu- cational Makerspaces.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	USA	Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
58	Hasti, Henry, Daniel Amo-Filva, David Fonseca, Sonia Verdugo- Castro, Alicia García-Holgado, and Francisco José García-Peñalvo (2022)	Towards Closing STEAM Di- versity Gaps: A Grey Review of Existing Initiatives.	Review	Spanien	STEM/ STEAM
59	Hatzigianni, Maria, Michael Steven- son, Matt Bower, Garry Falloon, and Anne Forbes (2020)	Children's views on making and designing.	Primarstufe	Austra- lien	Pädago- gik
60	Hauge, Chelsey and Jennifer Rowell (2020)	Child and youth engagement: civic literacies and digital ecologies.	Review	Kanada	Pädago- gik
61	Hjorth, Arthur (2019)	The Roles of Teachers in Ma- kerspace Learning.	Erwachsene	Däne- mark	interdiszi- plinär
62	Hsu, Pi-Sui, Eric Monzu Lee, Silvia Ginting, Thomas J. Smith, Thomas, and Carol Kraft (2019)	A Case Study Exploring Non- dominant Youths' Attitudes Toward Science Through Making and Scientific Argu- mentation.	ausser- schulisch	Taiwan	Mathe- matik
63	Hsu, Pi-Sui; Eric Monzu Lee, and Thomas J. Smith (2022)	Exploring the Influence of Equity-Oriented Pedagogy on Non-Dominant Youths' Attitudes Toward Science Through Making.	ausser- schulisch	USA	STEM/ STEAM
64	Hughes, Janette Michelle (2017)	Digital making with „At-Risk“ youth.	Sekundar- stufe 1	Kanada	interdiszi- plinär
65	Hughes, Janette, Laura Morrison, Ami Mamolo, Jennifer Laffier, Jennifer, and Suzanne de Castell (2019)	Addressing bullying through critical making.	Sekundar- stufe 1	Kanada	Pädago- gik
66	Hughes, Roxanne, Jennifer Schellinger, and Kari Roberts (2021)	The role of recognition in dis- ciplinary identity for girls.	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
67	Hurst, Michelle A., Naomi Polinsky, Chatherine A. Haden, Susan C. Levine, and David H. Uttal (2019)	Leveraging Research on Informal Learning to Inform Policy on Promoting Early STEM.	Vorschule Kinder- garten	USA	STEM/ STEAM
68	Jin, Hao-Yue, Chien-Yuan Su, and Cheng-Huan Chen (2021)	Perceptions of teachers regarding the perceived implementation of creative pedagogy in „making“ activities.	Primar- schule Sekundar- stufe 1	Kanada	Pädago- gische Psycholo- gie
69	Kajamaa, Anu, Kristiina Kumpulainen, and Antti Rajala (2018)	A Digital Learning Environment Mediating Students' Funds of Knowledge And Knowledge Creation.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Finnland	STEM/ STEAM
70	Kapon, Shul- amit, Maayan Schvartzer, and Tal Peer (2021)	Forms of participation in an engineering maker-based inquiry in physics.	Sekundar- stufe 2	Israel	STEM/ STEAM
71	Khalil, Deena and Meredith Kier (2021)	Equity-centered Design Thinking in STEM Instructional Leadership.	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM
72	Kirmaci, Mehtap, Cory A. Buxton, and Martha Allexsaht-Snider (2021)	A Latina science teacher becoming a dialogic educator: "I'm okay being hated because somebody has to be strong".	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM
73	Klemichen, Antje, Ina Peters, Ina, and Rainer Stark (2022)	Sustainable in Action. From Intention to environmentally friendly Practices in Makerspaces based on the Theory of Reasoned Action.	Bibliothek Community	Deutsch- land	Entrepre- neurship Educa- tion
74	Kohtala, Cindy, Yana Boeva, and Peter Troxler (2020)	Introduction: Alternative Histories in DIY Cultures and Maker Utopias.	-	Finnland	interdiszi- plinär
75	Konstantinou, Dora, Antigoni Parmaxi, and Panayiotis Zaphiris (2021)	Mapping research directions on makerspaces in education.	Review	Zypern	Pädago- gik
76	Kumpulainen, Kristiina and Anu Kajamaa (2020)	Sociomaterial movements of students' engagement in a school's makerspace.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Finnland	Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
77	Kye, Hannah (2020)	Who Is Welcome Here? A Culturally Responsive Content Analysis of Makerspace Websites.	-	USA	STEM/ STEAM
78	Lemieux, Amélie	What does Making produce? Posthuman insights into documenting Relationalities in Maker Education for Teachers	Hochschule / Universität	Kanada	Pädago- gik
79	Linke, Hanna and Leevke Wilkens (2020)	Inklusionsorientierter Makerspace als Lernort in der digitalisierten Gesellschaft. Dimensionen des Projekts SELFMADE.	Bibliothek Community	Deutsch- land	Human- Compu- ter-Inter- action
80	Liu, Wie, Yancong Zhu, Min Liu, and Yanru Li (2022)	Exploring Maker Innovation. A Transdisciplinary Engineering Design Perspective.	Hochschule / Universität	China	Entrepre- neurship Educa- tion
81	Love, Tyler S., Ken R. Roy, and Matthew T. Marino (2020)	Inclusive Makerspaces, Fab Labs, and STEM Labs.	Bibliothek Community	USA	Human- Compu- ter-Inter- action
82	Lozano, Oscar R. (2022)	PRINT3D, a Service-Learning Project for Improving Visually Impaired Accessibility Through Educational 3D Printing.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	Spanien	Human- Compu- ter-Inter- action
83	MacDowell, Paula (2021)	Design Principles for Teaching Sustainability within Makerspaces.	ausser- schulisch	USA	Pädago- gik
84	Martin, Lee and Colin Dixon (2019)	A Mobile Workshop Model for Equitable Making with High School Aged Youth.	ausser- schulisch	USA	Pädago- gik
85	Martin, Lee, Colin Dixon, and Sagit Betser (2018)	Iterative Design toward Equity: Youth Repertoires of Practice in a High School Maker Space.	Sekundar- stufe 2	USA	Pädago- gik
86	Masters, Adam S., Ellen K. Foster, Cassandra Groen- McCall, Lisa D. McNair, and Donna M. Riley (2019)	Exploring Liberatory Makerspaces: Preliminary Results and Future Directions.	Bibliothek Community	USA	STEM/ STEAM

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
87	McLean, Mandy, Jasmine M. Nation, Alexis Spina, Tyler Susko, Danielle Harlow, and Julie Bianchini (2020)	The Importance of Collaborative Design for Narrowing the Gender Gap in Engineering: An Analysis of Engineering Identity Development in Elementary Students.	Primarstufe	USA	STEM/ STEAM
88	Menichetti, Laura and Silvia Micheletta (2021)	Makerspaces, flexible and inclusive learning environments. A scoping Review.	Vorschule Kinder- garten Primarstufe Sekundar- stufe 1	Italien	Pädago- gik
89	Mersand, Shannon (2021)	The State of Makerspace Research: a Review of the Literature.	Vorschule Kinder- garten Primarstufe Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM
90	Mersand, Shannon (2021a)	Untapped Potential: Makerspace as Conduit for Talent Development.	Vorschule Kinder- garten Primarstufe Sekundar- stufe 1	USA	Pädago- gik
91	Millard, Jeremy, Marie N. Sorivelle, Sarah Deljanin, Elisabeth Unterfrauner, and Christian Voigt (2018)	Is the Maker Movement contributing to Sustainability?	Review	Däne- mark	interdiszi- plinär
92	Moorefield-Lang, Heather & Ana Dubnjakovic (2020)	Factors Influencing Intention to Introduce Accessibility in Makerspace Planning and Implementation.	Bibliothek Community	USA	Biblio- thek
93	Nichols, T. Philip (2020)	Innovation from Below: Infrastructure, Design, and Equity in Literacy Classroom Makerspaces.	Sekundar- stufe 2	USA	Sprache
94	Norris, Aaminah (2014)	Make-Her-Spaces as Hybrid Places: Designing and Resisting Self Constructions in Urban Classrooms.	Sekundar- stufe 1	USA	Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
95	Pepler, Kylie, R. Mishael Sedas, and Maggie Dahn (2020)	Making at Home: Interest-Driven Practices and Supportive Relationships in Minoritized Homes.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	USA	Pädago- gik
96	Rajan, Prashant (2021)	Making When Ends Don't Meet: Articulation Work and Visibility of Domestic Labor during Do-It-Yourself (DIY) Innovation on the Margins.	Familie	USA	interdiszi- plinär
97	Reynaga-Pêna, Christina G., Christopher Myers, Juan Manuel Fernández-Cárdnas, Azael Jesús Cortés-Capetillo, Leonardo David Glassermann-Morales, and Eric Paulos (2020)	Makerspaces for Inclusive Education.	Hochschule / Universität	Mexiko	STEM/ STEAM
98	Robbins, Philip Norman and Shaunna Smith (2016)	Robo/graphy: Using Practical Arts-Based Robots to Transform Classrooms into Makerspaces.	Vorschule Kinder- garten Primarstufe	Kanada	Pägado- gik STEM/ STEAM
99	Rodriguez, Shelly, Jason Harron, Steven Fletcher, and Hannah Spock (2018)	Elements of Making: A framework to support making in the science classroom.	Sekundar- stufe 2	USA	STEM/ STEAM
100	Rushton, Elizabeth A.C. and Heather King (2020)	Play as a pedagogical vehicle for supporting gender inclusive engagement in informal STEM education.	Vorschule Kinder- garten Primarstufe Sekundar- stufe 1	UK	Pädago- gik STEM/ STEAM
101	Ryoo, Jean J. and Angela Calabrese Barton (2018)	Equity in STEM-rich Making: Pedagogies and Designs.	Schule Community	USA	Pädago- gik STEM/ STEAM
102	Saari, Hanna, Maria Åkerman, Barbara Kieslinger, Jouko Myllyoja, and Regina Sipos (2021)	How Open Is the Maker Movement? Integrative Literature Review of the Openness Practices in the Global Maker Movement.	Review	Finnland	interdiszi- plinär

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
103	Sang, Wenju- an and Amber Simpson (2019)	The Maker Movement: A Glo- bal Movement for Educational Change.	Erwachsene	Taiwan	STEM/ STEAM
104	Searle, Kristin A., Colby Tofel- Grehl, and Janet Breitenstein (2019)	Equitable Engagement in STEM: Using E-textiles to Challenge the Positioning of Non-dominant Girls in School Science.	Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM
105	Seo, JooYoung (2019)	Is the Maker Movement In- clusive of ANYONE?: Three Accessibility Considerations to Invite Blind Makers to the Making World.	-	USA	Human- Compu- ter-Inter- action
106	Seo, JooYoung and Gabriela Richard (2021)	Scaffolding all Abilities into makerspaces.	Community	USA	interdiszi- plinär
107	Sheffield, Rachel, Rekha Koul, Susan Blackley, and Nicoleta Maynard (2017)	Makerspace in STEM for girls: a physical space to develop twenty-first-century skills.	Primarstufe	Austra- lien	STEM/ STEAM
108	Sheridan, Mary P., Amélie Lemieux, Ashley Do Nascimento, and Hans Christian Arnseth (2020)	Intra-active entanglements: What posthuman and new materialist frameworks can offer the learning sciences.	Schule Community	Kanada	Pädago- gik
109	Smit, Dorothé and Verena Fuchsberger (2020)	Sprinkling Diversity. Hurdles on the Way to Inclusiveness in Makerspaces.	Community	Öster- reich	STEM/ STEAM
110	Smith, DeLean Tolbert, Tamecia Jones, and Monica E. Cardella (2022)	A Narrative Investigation of Black Familial Capital that Supports Engineering Engage- ment of Middle-School-Aged Youth.	Familie	USA	Enginee- ring
111	Soomro, Sohail Ahmed, Hernan Casakin, and Georgi V. Georgiev (2021)	Sustainable Design and Pro- totyping Using Digital Fabrica- tion Tools for Education.	-	Finnland	STEM/ STEAM Enginee- ring
112	Sormunen, Kati, Kalle Juuti, and Jari Lavonen (2020)	Maker-Centered Project-Based Learning in Inclusive Classes: Supporting Students' Active Participation with Teacher-Di- rected Reflective Discussions.	Primarstufe	USA	STEM/ STEAM Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
113	Stabryla, Lisa M., Renee M. Clark, and Leanne M. Gilbertson (2022)	Assessment of Using Design Thinking to Foster Creativity in an Undergraduate Sustain- able Engineering Course.	Hochschule / Universität	USA	interdiszi- plinär
114	Stark, Rainer, Antje Klemichen, and Ina Roeder (2020)	ecoMaker – Gestaltung um- weltschonender Produkte in Makerspaces.	-	Deutsch- land	Entrepre- neurship (Educa- tion)
115	Steele, Katherine M., Maya Cakmak, and Brianna Blaser (2018)	Accessible Making. Designing a Makerspace for Accessibilty.	Hochschule / Universität	USA	Human- Compu- ter-Inter- action
116	Stone, Brian, Donovan Kay, Antony Reynolds, and Deana Brown (2020)	3D Printing and Service Lear- ning: Accessible Open Educa- tional Resources for Students with Visual Impairment.	Hochschule / Universität	USA	Human- Compu- ter-Inter- action Biblio- thek
117	Tan, Edna, Angela Calabrese Barton, and Kathleen Schenkel (2018)	Equity and the Maker Move- ment: Integrating children's communities and social net- works into making.	Primarstufe Sekundar- stufe 1	USA	STEM/ STEAM
118	Tan, Edna and Angela Calabrese Barton (2018)	Towards Critical Justice: Ex- ploring Intersectionality in Community-based STEM-rich Making with Youth from Non- dominant Communities.	ausser- schulisch	USA	STEM/ STEAM
119	Tofel-Grehl, Colby, Douglas Ball, and Kristin Searle (2021)	Making progress: Engaging maker education in science classrooms to develop a novel instructional metaphor for teaching electric potential.	Sekundar- stufe 2	USA	STEM/ STEAM Pädago- gik
120	Trahan, Keith, Stephanie Maietta Romero, Renata de Almeida Ramos, Jeffrey Zollars, and Cynthia Tananis (2019)	Making success: What does large-scale integration of making into a middle and high school look like?	Sekundar- stufe 1 Sekundar- stufe 2	USA	STEM/ STEAM Pädago- gik

Nr.	Autor:in(nen) (Jahr)	Titel der Studie	Bildungs- kontext	Land	Fachliche Perspek- tiven
121	Unterfrauner, Elisabeth, Jing Shao, Margit Hofer, and Claudia M. Fabian (2019)	The environmental value and impact of the Maker movement – Insights from a cross-case analysis of European maker initiatives.	Community	Öster- reich	Environ- mental Econo- mics Entrepre- neurship (Educa- tion)
122	Villanueva Alarcón, Idalis, Robert Jamaal Downey, Louis Nadelson, Jana Bouwma-Gearhart, and YoonHa Choi (2021)	Light Blue Walls and Tan Flooring: A Culture of Belonging in Engineering Making Spaces (or Not?)	Hochschule / Universität	USA	STEM/ STEAM Pädago- gik
123	Vuylsteke, Bert, Louise Dumon, Jan Detand, Jan, and Francesca Ostuzzi (2022)	Creating a Circular Design Workspace: Lessons Learned from Setting up a „Bio-Maker-space“.	Hochschule / Universität	Belgien	Enginee- ring
124	Wargo, Jon M. (2019)	Lights! Cameras! Genders? Interrupting Hate through Classroom Tinkering, Digital Media Production and [Q]ulturally Sustaining Arts-Based Inquiry.	Primarstufe	USA	Pädago- gik
125	Wu, Yingqiu and Zhonghong Ma (2023)	The Power of Makerspaces: Heterotopia and Innovation.	-	China	interdiszi- plinär
126	Yi, Fang and Melinda Baumann (2018)	Guiding Principles for Designing an Accessible, Inclusive, and Diverse Library Maker-space.	-	USA	Pädago- gik Human- Compu- ter-Inter- action

Tab. 1: Gesamtübersicht der eingeschlossenen Studien.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Pädagogisches Making an einer Gesamtschule in sozialräumlich deprivierter Lage

Eine Fallstudie

Max Blindenhöfer¹ 

¹ Zukunftswerkstatt Buchholz in der Nordheide

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wird der These nachgegangen, dass die Definition und die praktische Umsetzung von Maker Education im schulischen Kontext durch die Schulkultur der Einzelschule wesentlich mitgeprägt wird und dies zu unterschiedlichen Ausprägungen von Making führt. Dazu wurden nicht-standardisierte Interviews mit jeweils einem Lehrer und einer Person aus der Schulleitung einer Gesamtschule in einer sozialräumlich deprivierten Lage geführt. Die Daten wurden mit der rekonstruktiv-interpretativen Grounded Theory Methodology analysiert. Dabei wurde die Schulkulturtheorie zur theoretischen Sensibilisierung genutzt. In der Fallrekonstruktion zeigt sich, dass bestimmte Aspekte der imaginären Anspruchskultur der Maker Education wie individualisiertes und selbstbestimmtes Lernen nur unzureichend auf wesentliche Strukturprobleme der Schule bezogen werden können. Seitens des Lehrers führt dies zu einer ambivalenten Positionierung gegenüber dem Postulat des selbstbestimmten Lernens. Zudem ist in diesem Fall eine Stigmatisierung der Schule und des Stadtteils als mögliches Hindernis für gelingendes Lernen zu berücksichtigen. Das integrativ ausgerichtete pädagogische Leitbild des Praktischen Lernens nimmt Bezug auf dieses Anerkennungsdefizit sowie Disziplinierungsprobleme. Eine Anschlussfähigkeit des imaginären Entwurfs der Maker Education an das dominante schulkulturelle Deutungsmuster (den «Schulmythos») des Praktischen Lernens konnte festgestellt werden.

Pedagogical Making at a Highschool in a Socially Deprived Location

Abstract

In this article, the thesis is pursued that the definition and practical implementation of Maker Education in the school context is significantly influenced by the school culture of the individual school and that this leads to different forms of Making. For this purpose, non-standardized interviews were conducted with one teacher and one person from the

school management at a highschool in a socio-spatially deprived location. The data were analyzed using the reconstructive-interpretative Grounded Theory Methodology. School culture theory was used as a theoretical sensitization. The case reconstruction shows that certain aspects of the imaginary aspirational culture of Maker Education, such as individualized and self-determined learning, can only insufficiently be related to essential structural problems of the school. On the part of the teacher, this leads to an ambivalent positioning towards the postulate of self-determined learning. Moreover, in this case a stigmatization of the school and the district as an obstacle to successful learning has to be taken into account. The integrative pedagogical model of practical learning refers to this recognition deficit as well as disciplinary problems. The connectivity of the imaginary design of Maker Education to the dominant school-cultural pattern of interpretation (the «school myth») of practical learning could be established.

1. Einleitung

Maker Education trifft auf historisch gewachsene Schulkulturen in den Schulen, zu deren Grundverständnis und Zielsetzung es in der Regel zwar gehört, Lernende zu Selbstständigkeit und Autonomie zu erziehen, «deren Organisation aber eher auf Präformierung ausgerichtet ist» (Bräu 2008, 182). So scheiden sich in der Praxis gerade an diesem Punkt oft die Geister, inwieweit die heutige Schule als Bildungsort in der Lage ist, Formen des selbstständigen und fächerübergreifenden Lernens im Rahmen der Maker Education zu ermöglichen. Die Zeitstruktur eines solchen Lernens steht durchaus in Konflikt mit den Bedingungen des gegenwärtigen Schulsystems. Die zeitliche Organisation im Stundenplansystem, das nach Fächern strukturierte Lernmaterial, die fachdidaktische Begrenzung der Lehrenden auf ihre Fächer sowie die Praxis der standardisierten Prüfung und Leistungsbewertung stehen dem Lernen in einer offeneren Lernumgebung von der Strukturlogik her oftmals entgegen (vgl. Hollauf und Schön 2020, 167; Ingold und Maurer 2019).

Die spezifische Fragestellung des Beitrags bezieht sich auf die Umsetzung von Maker Education an einer Gesamtschule in einem sozialräumlich deprivierten Stadtteil.¹ In diesem Kontext stellen sich folgende Fragen: Wie wirken sich soziale Problemlagen des Kontextes auf die Definition und Umsetzung von Maker Education an dieser Schule aus? Wie ist Maker Education in dieser spezifischen Schulkultur verortet? Wo liegen Schwierigkeiten und Hindernisse bei der Implementierung? Welche

1 Schulen in sozialräumlich deprivierten Lagen befinden sich zumeist in städtischen Gebieten, die sich durch eine hohe Segregation auszeichnen, von der besonders Menschen mit Migrationsintergrund, niedrigem Bildungsabschluss und Kinder und Jugendliche überproportional häufig betroffen sind (vgl. Bremm et al. 2016, 325). «Statistisch sind solche Stadtteile unter anderem durch einen überdurchschnittlich hohen Anteil von Sozialhilfeempfängern und -empfängerinnen, eine überdurchschnittliche Arbeitslosenquote, eine niedrige Bildungsqualifikation, ein hohes Armutsrisiko und eine geringe soziale Mobilität der Einwohnerinnen und Einwohner im Vergleich mit anderen Stadtteilen gekennzeichnet.» (ebd.)

Möglichkeiten und Anknüpfungspunkte bestehen? Wie gestaltet sich der potenzielle Konflikt zwischen der imaginären Anspruchskultur der Maker Education, insbesondere in Bezug auf das selbstständige und individualisierte Lernen, und der Schulkultur in diesem konkreten Fall? Das Erkenntnisinteresse richtet sich dabei weniger auf die didaktisch-methodische Mikroebene, die insbesondere in einem offenen Setting, der Schülerzentrierung, der Produktorientierung, der Individualisierung des Lernens und kooperativen Lernformen besteht (Schön et al. 2016, 9), sondern stärker auf die planerischen Fragen der Schulentwicklung auf der Mesoebene mit Fokus auf die zugrundeliegende Schulkultur.

Zuerst wird der Stand der Forschung zu Maker Education in der Schule kurz dargestellt (Abschnitt 2). Die *Theorie der Schulkultur* dient als sensibilisierendes Konzept im Sinne der Grounded Theory Methodology (GTM). «Sensibilisierendes Konzept» bedeutet, dass die Theorie nicht unreflektiert auf das Datenmaterial projiziert wird. Das heisst, es werden nicht im Vorfeld Kategorien theoretisch abgeleitet und dem Material subsumtionslogisch übergestülpt, sondern die Kategorien müssen aus der Analyse rekonstruktionslogisch entwickelt werden. Die Analyse der Daten liess sich allerdings beim Schritt der Integration der Daten aus forschungspragmatischen Gründen von einem Strukturmodell der Schulkulturtheorie leiten (Abschnitt 3). Das methodische Vorgehen bestand in der Datenerhebung in offenen Interviews in Anlehnung an das verstehende Interview nach Kaufmann (2015). Bei der Datenauswertung wurde die GTM genutzt (Abschnitt 4). Die Ergebnisse werden in Form einer Fallrekonstruktion dargestellt (Abschnitt 5). Im Fazit wird der Versuch einer vorläufigen Typenbildung anhand der Fallrekonstruktion unternommen (Abschnitt 6).

2. Maker Education in der Schule

Entwickelt hat sich die Maker Education aus verschiedenen gesellschaftlichen Strömungen. Blikstein und Worsley (2016) stellen die Maker Education in eine im weiteren Sinne reformpädagogische Traditionslinie von Rousseau über Dewey, Montessori, Piaget und Freire bis hin zu Papert. Sie warnen vor einer anti-intellektualistischen Haltung im Maker Movement, die sich in einer Rebellion gegen die traditionelle/klassische Schule erschöpft. Dies führe eher zu einer Blockade von pädagogischen Innovationen im Feld. Für die vier Grundpfeiler, des Makings – (i) das erste Fab Lab am Massachusetts Institute of Technology (MIT), (ii) das MAKE Magazin und die Maker Faires, (iii) informelle Bildungsangebote in ausserschulischen Lernorten und (iv) MINT-Bildungsinitiativen – konstatieren sie problematische Grundhaltungen in Bezug auf die pädagogische Adaption der Kultur des Makings. So liege der Gründung des ersten Fab Lab am MIT eine Hacker Culture zugrunde, die wesentlich von einem autodidaktischen Lernprozess ausgehe und wenig pädagogische Unterstützung vorsehe. Noviz:innen bräuchten jedoch Onboarding und Unterstützung. Die

Maker Faires und das MAKE Magazin wiederum befördern tendenziell ein Denken, das sich an den Endprodukten und nicht am (Lern-)Prozess orientiert. Die Angebote an den außerschulischen Lernorten wie Museen seien häufig darauf ausgelegt in kurzer Zeit ein standardisiertes und niedrigschwelliges Programm anzubieten. Die Teilnehmenden kämen dann in der Regel nicht über das Herstellen trivialer Produkte hinaus und könnten ihr Wissen und Können nicht vertiefen. Im MINT Bereich bestehe die Gefahr, dass die Legitimation einzig aus dem Ziel bezogen werde, Kinder und Jugendliche für den zukünftigen Arbeitsmarkt in den MINT-Berufsfeldern fit zu machen (vgl. Blikstein und Worsley 2016, 12ff.).

Sagbauer und Ebner (2021) gelangen in einem systematischen Literaturreview zum Thema Makerspaces in Schulen zu einer Taxonomie von verschiedenen Typen, die sich auf deren räumliche und organisatorische Realisierung stützt. Die Taxonomie unterscheidet zwischen Schul-Makerspaces, offenen Schul-Makerspaces, außerschulischen Makerspaces und Pop-Up-Makerspaces. Diese vier Typen werden in den Merkmalsdimensionen Raum, Verantwortlichkeit, Finanzierung, Betreuung, Nutzende, Öffnungszeiten und Aktivitäten verglichen (vgl. Sagbauer und Ebner 2021).

In einer umfangreichen Studie untersuchten Eriksson et al. (2018) die Einführung von Makerspaces in schwedischen Schulen im Rahmen eines landesweiten Projekts, das zur Entwicklung der schulischen Bildungsangebote und eines Curriculums beitragen sollte. Als Erfahrung kristallisierten sich fünf wesentliche Überlegungen aus der Studie heraus:

- Die Beschaffung von digitalen Geräten zur Ausstattung von Makerspaces in Schulen muss vereinfacht werden.
- Die formale Lehrerbildung muss stärker auf die Erfordernisse von digitaler Fertigung vorbereiten, während Schulleitungen stärkere Unterstützung zur Entwicklung von Strategien und zum Management der Umsetzung von Making-Aktivitäten benötigen.
- Politische Entscheidungsträger müssen die Möglichkeiten von digitaler Fertigung und Making in der Bildung verstehen und diese in Regularien und Curricula verankern.
- Die Angebote sollten so konzipiert werden, dass sie Jungen und Mädchen möglichst gleichermassen erreichen.
- Es müssen Angebote gemacht werden, in denen das Erlernte auf konkrete Projekte mit unterschiedlichem Schwierigkeits- und Freiheitsgraden angewandt werden kann. (vgl. Eriksson et al. 2018).

Mit dem vorliegenden Beitrag soll die Bedeutung des Faktors Schulkultur für die Umsetzung und Definition der Maker Education untersucht werden.

3. Theoretische Sensibilisierung: Schulkulturtheorie

Die Schulkultur wird als symbolische Ordnung im Spannungsverhältnis der Ebenen des Imaginären, des Symbolischen und des Realen aufgefasst.² Das Reale steht bei Helsper für die «konstitutiv jede Einzelschule vorstrukturierenden und rahmenden gesellschaftlichen Strukturierungen sowie die damit einhergehenden Antinomien» (vgl. Helsper et al. 2001, 24). Das Imaginäre kann kreative Krisenbewältigungen in der Auseinandersetzung mit dem Realen ermöglichen und gewinnt Ausdruck etwa in schulischen Selbstentwürfen, Schulprogrammen, pädagogischen Idealkonstruktionen und Schulmythen. Das Symbolische bezeichnet die handelnde und interaktive Auseinandersetzung der Akteure sowie den Umgang mit Artefakten (vgl. Helsper et al. 2001, 547; Helsper 2008b, 68f.).

Das Imaginäre kann im Idealfall lösungsorientiert auf die objektiven Strukturprobleme auf der realen Ebene bezogen sein und sich mit ausdifferenzierten Handlungspraktiken auf der Ebene des Symbolischen in Übereinstimmung befinden. Das Imaginäre kann aber auch einen verkennend-illusorischen Charakter haben, wenn hohen imaginären Ansprüchen keine pädagogischen Handlungsmuster und -praktiken auf der Ebene des Symbolischen entsprechen oder aber der Bezug auf die objektiven Strukturprobleme verfehlt wird. Ebenso problematisch ist es, wenn die Stelle des Imaginären vakant bleibt (vgl. Kramer 2015, 33f.; Helsper 2008a, 129ff.).

Dem Schulmythos als spezieller Ausdrucksgestalt des Imaginären wird die Funktion zugeschrieben, Inkonsistenzen, Diskrepanzen und Dissonanzen imaginär zu überbrücken und gar nicht erst ins Bewusstsein treten zu lassen. Im Gegensatz zum Schulprogramm und den pädagogischen Grundprinzipien bleibt der Schulmythos auf einer eher impliziten Ebene (Helsper et al. 2001, 80f.). Er ist das Ergebnis von mikropolitischen Auseinandersetzungen und Kämpfen um Anerkennung innerhalb der Einzelschule. Je nach Positionierung der Akteure im Kräftefeld der Schulkultur an der Einzelschule wird Making entweder einen Gegenentwurf zum dominanten schulkulturellen Entwurf oder dessen affirmative Bestätigung darstellen. In der Fallrekonstruktion wird die konkrete Ausprägung sowohl der Übereinstimmungen als auch der Spannungen zwischen der Definition und praktischen Umsetzung der Maker Education und der Schulkultur in ihrer Bedingtheit und ihren Folgen zu rekonstruieren sein. Angelehnt an die Schulkulturtheorie hat der Autor folgendes Strukturmodell entwickelt (Abbildung 1).

2 Sowohl das Imaginäre als auch das Reale sind symbolisch strukturiert. Man muss daher einen übergreifenden Begriff der symbolischen Ordnung und einen engen Begriff des Symbolischen als Ebene der handelnden Auseinandersetzung und Interaktion unterscheiden.

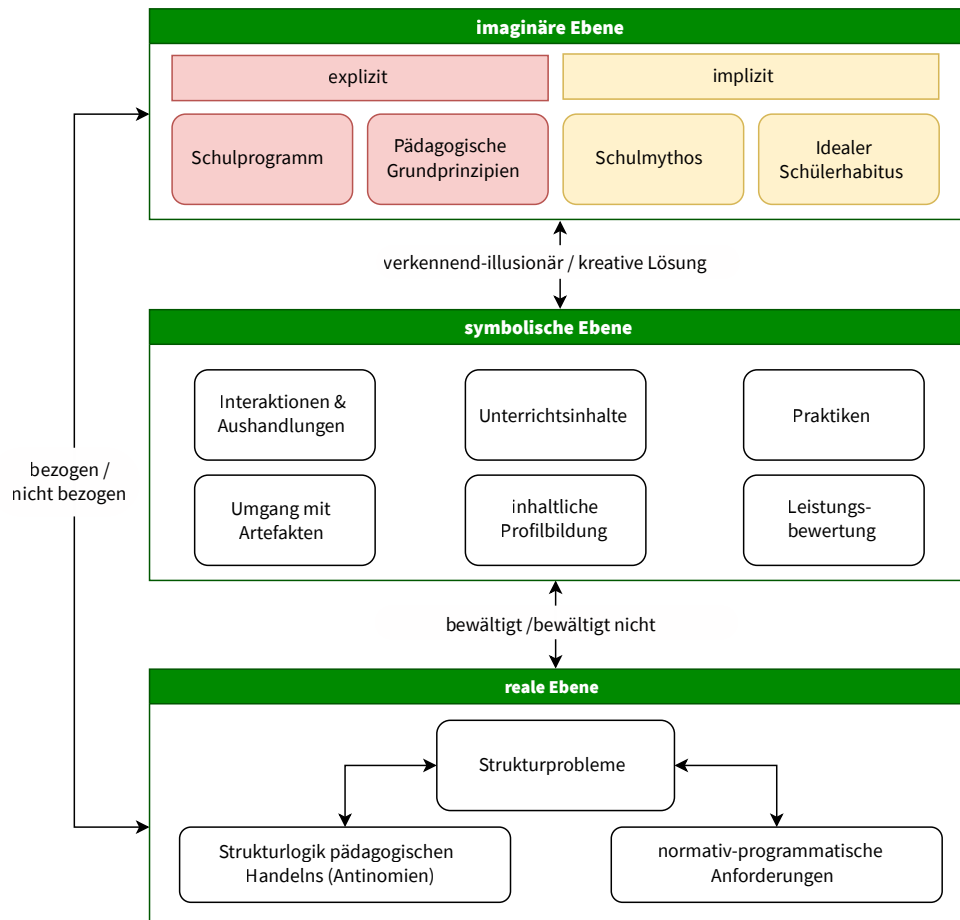


Abb. 1: Strukturmodell der Schulkultur (Quelle: eigene Darstellung).

4. Methode

Angelehnt an das verstehende Interview nach Kaufmann (2015) wurden die Interviews weitgehend offen geführt. Als Impuls wurde jeweils ein fragliches Problem zur Disposition gestellt. Der Interviewee sollte im Interview dazu gebracht werden, sich mit dem Problem auseinanderzusetzen, statt vorgefertigte Klischees zu reproduzieren. Die Interviews mit den Lehrenden waren stärker auf die Maker Education und deren Umsetzung fokussiert, die Interviews mit der Schulleitung stärker auf Schulkultur und -programm sowie die Einordnung der Maker Education in diesen Rahmen.

Die erhobenen Daten wurden mit der Grounded Theory Methodology (GTM) ausgewertet. Dabei folgt der Autor der Variante von Strauss und Corbin (vgl. Strauss 2010; Corbin und Strauss 2015). Aus forschungspragmatischen Gründen – die Untersuchung fand im Rahmen einer Qualifikationsarbeit statt – wurde im Vorfeld in einem selektiven Sampling, im Unterschied zu einem theoretischen Sampling,

festgelegt, an welchen Schulen und mit welchen Interviewpartnern Interviews geführt werden. Nach dem Prinzip des maximalen Kontrasts wurden zwei Schulen ausgewählt, von denen angenommen werden konnte, dass sie sich in Bezug auf ihr Konzept und ihre Schulkultur stark unterscheiden.³ An jeder Schule wurde ein Interview mit einer Lehrkraft und einer Person aus der Leitungsebene geführt, um zwei unterschiedliche Perspektiven auf den Forschungsgegenstand Maker Education zu erheben. Das theoretische Sampling wurde durchgeführt mittels der Auswahl bestimmter Passagen aus den Interviews, die einer Feinanalyse unterzogen wurden.

«Denn meist lassen sich reichhaltige Daten auf Vorrat gewinnen, die dann je nach Theoriefortschritt in geeigneter Weise in Strategien minimalen oder maximalen Vergleichens einbezogen werden können» (Strübing 2014, 30).

Ausserdem wurden im Prozess ergänzende Dokumente wie Sozialraumbeschreibungen, Statistiken, Konzepte, Schulentwicklungspläne und Darstellungen auf der Schulhomepage zur Analyse herangezogen. Der methodische Forschungszugang über offene Interviews ist kein direkter Zugriff auf die schulische Praxis, sondern muss anhand der Erzählungen der Interviewpartner den Forschungsgegenstand rekonstruieren.⁴ Dadurch sind die Erkenntnisse, die sich auf die Interaktionen und Auseinandersetzungen im Feld beziehen, notwendigerweise stark vermittelt. Dafür lassen sich die subjektiven Repräsentationen der imaginären Ebene von Schulkulturen über die Interviews gut rekonstruieren.

Das dreischrittige Kodierverfahren nach Strauss umfasst das offene, axiale und selektive Kodieren. Die verschiedenen Kodierverfahren werden nicht in einer linearen Abfolge durchlaufen; vielmehr wird in einem iterativen und zyklischen Analyseprozess zwischen den verschiedenen Verfahren hin und her gewechselt. In der Analyse zeigte sich, dass eine bestimmte Kategorie für die Bewältigung und Deutung der Strukturprobleme eine zentrale Rolle spielt. Diese Kategorie wurde als Kernkategorie ausgewählt. Für die Schule A, deren Fallrekonstruktion in diesem Beitrag vorgestellt wird, ist dies «Maker Education als praktisches Lernen».

3 Die zweite Schule ist eine Alternativschule, an der Making eine etablierte und bewährte Praxis darstellt und die in dieser Hinsicht einen Vorbildcharakter für sich reklamiert. Der Vergleich einer Regelschule mit einer Alternativschule ist insofern instruktiv, dass er ein Phänomen in zwei sehr unterschiedlichen Kontexten beleuchtet. Der direkte Vergleich zwischen den beiden Schulen erwies sich aufgrund der grossen Verschiedenheit der Bedingungen als schwierig. Das Phänomen der Maker Education in Beziehung zur Schulkultur bildet das fallübergreifende Gemeinsame – das Tertium Comparationis. Eine Fallrekonstruktion der beiden Einzelschulen in ihrer je eigenen Fallstruktur stellt die Grundlage für den Fallvergleich dar.

4 Helsper et al. (2001) rekonstruieren die Schulmythen in ihrer wegweisenden Studie mit objektiv-hermeneutischen Interpretationen der Reden von Schulleiter*innen zu Abiturientenfeiern. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich an diesen festlich-ritualisierten Ereignissen zur Entlassung der Abiturient:innen der Bewährungsmythos der Schule besonders deutlich zum Ausdruck bringen müsse. Das Symbolische wiederum liesse sich idealerweise über Unterrichtsforschung, Protokolle von Teamsitzungen, ethnografische Beobachtungen oder Videografien rekonstruieren.

5. Fallrekonstruktion Schule A – «Maker Education ist ideal für jeden Schüler»

Schule A ist eine staatliche Gesamtschule in sozialräumlich deprivierter Lage. In einem zum Zeitpunkt der Interviews sich gerade in der Bauphase befindlichen Neubau soll eine neue Werkstatt entstehen, die als Makerspace geplant ist. Bis dahin ist der bereits vorhandene Makerspace noch in einem Container untergebracht. Entsprechend zeigte sich in den Interviews, dass an Schule A ein in die Zukunft gerichteter Blick vorherrscht und dass das «sich auf den Weg machen» als Metapher eine zentrale Rolle spielt.

Im Sozialmonitoring der Stadt A, das eine Vielzahl von Daten u. a. zur Bevölkerung, zur sozialen Lage und zu Bildungsabschlüssen zu einem Statusindex zusammenfasst, wird das Quartier in der niedrigsten Kategorie «sehr niedrig» eingeordnet. Schule A blickt in den letzten Jahrzehnten auf eine wechselvolle Entwicklung zurück. Die zunächst integrierte Grund-, Haupt- und Realschule wurde zur vollgebundenen Ganztagschule. Es folgten die Schulreform zur Inklusion und der Wechsel der Schulform zur Gesamtschule. Zuletzt wurde in diesem Zuge eine gymnasiale Oberstufe eingeführt.

5.1 Strukturproblem der Anerkennung

Der Stadtteil selbst ist mit dem Stigma des «Problembezirks» belegt. In einer Radioreportage des öffentlich-rechtlichen Rundfunks wird eindrücklich geschildert, dass sich die im Quartier lebenden Menschen von dem Stempel «Problemviertel» herabgesetzt fühlen, der ihnen immer wieder aufgedrückt wird. Über die Schule A selbst gab es eine Fernsehreportage, in der sie als ein Ort dargestellt wurde, an dem geregeltere Lernen aufgrund grosser Lernrückstände und Disziplinlosigkeit kaum möglich sei. Dadurch wurde sie mit einer für den Ruf der Schule folgenreichen Stigmatisierung belegt. Ein nicht geringer Anteil an Schüler:innen macht am eigenen Leib die Erfahrung, an den schulischen Anforderungen, die an sie gestellt werden, zu scheitern. Aufgrund dieser Bedingungen ist von einem gesellschaftlichen Anerkennungsdefizit auszugehen. Offen muss bleiben inwieweit an Schule A bereits in der familialen Sozialisation überdurchschnittlich häufig gestörte Anerkennungsbeziehungen aufgrund kumulierter sozialer Problemlagen vorliegen. Die Anerkennungserfahrungen in der familialen Sozialisation legen den Grundstein für die weitere Entwicklung und Bildungsprozesse.⁵

5 So zeigen Busse und Sandring (2015) in ihren empirischen Rekonstruktionen zu dem komplexen Zusammenhang von Schulkultur, Familie und Milieu, dass ein aus einer gestörten Anerkennungsbeziehung im familialen Kontext resultierendes Begehren nach Nähe und «diffuse Anerkennungsünsche, die (strukturell gesehen) immer wieder enttäuscht werden müssen, die Lehrer-Schüler-Beziehungen» überlagern können. «Jugendlichen mit schulischen Versagenerfahrungen wird dabei über die offiziell in der Schule anerkannte und bedeutsame «Währung» der schulischen Leistungserbringung Anerkennung entzogen. Gleichzeitig werden derartige Jugendliche auch in ihrer sozialen Individualitätsform als ganze Person, die sie umfassend in schulische Anerkennungsräume einbringen, problematisiert, so dass daraus ein Kreislauf unerfüllter Anerkennungsünsche und neuer Missachtungserfahrungen entsteht.» (Busse und Sandring 2015, 258)

5.2 *Dominantes Deutungsmuster / Schulmythos*

Auf die Frage nach der Umsetzung von Maker Education in der Schulkultur und dem soziokulturellen Kontext der Schule A antwortet der Lehrer⁶:

«Und äh die Schule war früher 'ne Technikkonzept Schule. Das ist ein-ein äh ähm/ Ja, ich glaube die [politische Partei] hat das tatsächlich in [politisches Organ] eingebracht. Ähm, da gab's Geld, extra Geld für Schulen, um ein, ja, um den Technikunterricht zu verbessern. Und wir waren so 'ne Schule, glaube ich, fünf Jahre, bevor ich gekommen bin oder drei oder so hat das dann aufgehört. Aber wir hatten halt 'ne super ausgestattete Werkstatt, und wir hatten auch schon Kollegen, die meisten sind jetzt in Pension gegangen, die schon technikaffin waren. So. Also wir haben hier in unserem Profil haben wir deswegen auch Produktion drin und Praxislernen. Das ist super wichtig hier, weil jetzt kommen wir nämlich dann/ Also, ja, schliessen wir mal einmal den Bogen zum-zum Hintergrund, zum soziokulturellen, weil das gerade für Kinder hier wichtig ist, durch Praxislernen ähm 'en positives Selbstbild aufzubauen.» (Lehrer)

Die Herleitung des Profils Praxislernen («haben wir deswegen auch Produktion und Praxislernen drin») aus der Vergangenheit als Technikkonzept-Schule spricht dafür, dass der Lehrer hier versucht, ein Deutungsmuster zu rechtfertigen und zu charismatisieren in dem Sinne, dass er es argumentativ stark macht, um eine Gefolgschaft dafür zu gewinnen. Die besondere Eignung des Praxislernens für die Schülerklientel wird mit einer sozialisatorischen Entwicklungsproblematik im Bereich des Selbstbilds begründet («weil das gerade für Kinder hier wichtig ist, durch Praxislernen ähm 'en positives Selbstbild aufzubauen»). Warum das Deutungsmuster hier als begründungspflichtig erscheint, hat unterschiedliche Gründe. Im Zuge eines Generationenwechsels im Kollegium und nach dem Ende der Förderung als Technikkonzept-Schule wurde der ausdifferenzierte und gut entwickelte Arbeitslehre-Unterricht reduziert. Möglicherweise hat das Grundprinzip des praktischen Lernens in diesem Zuge auch an Gefolgschaft und Unterstützung verloren. Der Lehrer steht zudem unter einem besonderen Begründungszwang, da er mit der Maker Education eine Neuerung im Schulalltag einführen möchte. Er stellt die Maker Education als logische Fortführung eines bewährten Deutungsmusters dar. Das heisst, er tritt mit dem Konzept der Maker Education weniger als Revolutionär, sondern mehr als Bewahrer einer Tradition im Sinne einer verändernden Rückbesinnung auf (vgl. Breidenstein und Schütze 2008).

⁶ Der Lehrer unterrichtet Technik und Naturwissenschaften und hat selbst eine ausgeprägte Technikaffinität. Er ist seit einigen Jahren an der Schule tätig, an der er auch sein Referendariat gemacht hat.

Auch in den Augen des Schulleiters⁷ ist Maker Education eine logische Fortführung des praktischen Lernens mit einer besonderen Betonung moderner Lernformen und Technologien.

«... neben so einer klassischen Holz- und Metallwerkstatt eben nochmal so ein ähm ja so ein Raum eingerichtet wird sozusagen, der hier diesen anderen moderneren Formen des Lernens sozusagen Folge leistet.» (Schulleiter)

Von der Einrichtung eines Makerspaces erhofft sich die Schulleitung einen Schub für Kreativität und Motivation in der Schulentwicklung. Neue Unterrichtsformen und die Gewinnung des Kollegiums für diese sollen dadurch voran gebracht werden. Dem Raum Makerspace wird eine hohe Attraktivität zugeschrieben, während die klassischen Holz- /Metallwerkstätten auf einige doch aufgrund des dort notwendigen Expertenwissens eher abschreckend wirken würden. Damit wird möglicherweise das im Makerspace notwendige Wissen im Bereich digitaler Fertigung und Informatik unterschätzt (vgl. Eriksson et al. 2018).

In den Schilderungen des Schulleiters zur Schulentwicklung macht sich ein hoher Transformationsdruck bemerkbar. Die Profilbildung mit dem Schwerpunkt Produktion wird von ihm als fast schon überholt dargestellt.

«Na ja, das/ Produktion das ist vor/ Das ist jetzt schon sehr lange her. Also wir sind im Grunde schon fast da drüber wieder, weil wir schon den nächsten Schulentwicklungsprozess angestossen haben. Ähm, weil/ Wir sind jetzt in der Situation, also dieser Prozess ist bis zu einem bestimmten Punkt gekommen. So jetzt ist die Zeit aber entsprechend weiter gegangen. Wir haben hier eine eigene Oberstufe jetzt. Wir sind jetzt bis Klasse zwölf schon mal hochgewachsen. Dreizehn kommt jetzt. Das hat Auswirkungen auf die Unterrichte sozusagen in den Jahrgängen davor. Ähm wir sind Schwerpunktschule geworden. Das heisst wir haben jetzt auch noch Kinder mit besonderem Förderbedarf hier entsprechend zu beschulen.» (Schulleiter)

Die Schulentwicklung wird dargestellt als Folge von Schulentwicklungsprozessen, die angestossen werden und dann bis zu bestimmten Punkten laufen. Entwicklungen, die bestimmten organisationalen Zwängen und bildungspolitischen Rahmensetzungen folgen – wie Inklusion, die Einrichtung einer Oberstufe und der Wechsel der Schulform –, schaffen neue Bedingungen für die Schulentwicklung und lassen frühere Prozesse als überholt erscheinen. Die strukturellen Veränderungen, die aus normativ-programmatischen Anforderungen von aussen resultieren, führen zu schulweiten Konsequenzen für die Gestaltung des Bildungsgangs und zu einer Infragestellung pädagogischer Grundsätze, z. B. des praktischen Lernens. Die

⁷ Der Schulleiter hat als fachlichen Hintergrund ebenfalls naturwissenschaftliche Fächer und blickt schon auf einen längeren beruflichen Werdegang an der Schule A zurück.

Schulleitung führt weiter aus, dass das pädagogische Grundprinzip des praktischen Lernens im Zuge der Einführung der gymnasialen Oberstufe innerhalb des Kollegiums zur Disposition steht:

«Soll das/ Soll DAS jetzt weiter die Leitidee sein? Oder muss man noch einmal anders überlegen? So. Aber das wird sich ergeben jetzt im schulischen Entwicklungsprozess. Nichtsdestotrotz, da sind wir uns einig nach wie vor. Also, dass dieses praktische Lernen durch Tun in Werkstätten, in Projekten, das muss es aus meiner Sicht auch sein und in dem Weg folgen mir auch viele.»
(Schulleiter)

Die Frage der Gefolgschaft («in dem Weg folgen mir viele») weist den Schulleiter als mit diesem Deutungsmuster identifiziert und als charismatische Leitfigur aus, die sich für dieses Konzept einsetzt («das muss es aus meiner Sicht auch sein»). Anscheinend gibt es aber auch mikropolitische Auseinandersetzungen und Anerkennungskämpfe im Kollegium, denn es sehen nicht alle, sondern nur «viele» das bewährte Deutungsmuster des praktischen Lernens auch für die zukünftigen Herausforderungen noch als geeignet an.

5.3 Charakterisierung praktischen Lernens

Das praktische Lernen wird von der Schulleitung charakterisiert als *wirkliches Lernen*. Damit wird es gegenüber einer Wissensvermittlung von abstraktem und theoretischem Wissen ohne Anwendungs- und Lebensweltbezug abgegrenzt und mit einer vagen lerntheoretischen Begründung als überlegen dargestellt. Das theoretische Lernen wird in den Dienst des praktischen Lernens gestellt. Es soll die notwendigen Basiskompetenzen vermitteln, die dann in einem praktischen Kontext angewendet werden. Die Anwendung soll das Wissen erfahrbar machen und im Gedächtnis verankern. Es ist anzunehmen, dass mit dieser Begrenzung des theoretischen Lernens auf die Vermittlung von Basiskompetenzen auch eine Herabsetzung des kognitiven Anspruchsniveaus einhergeht. Die Strategie der Senkung des Anspruchsniveaus ist in Schulen in sozialräumlich deprivierter Lage häufig zu beobachten. In der Regel geht sie mit einer verstärkten Betonung von Fragen des sozialen Lernens und der Beziehungspflege einher. Dies wird aber auch kritisch beurteilt, was die Auswirkung auf Bildungsungleichheit betrifft (vgl. Bremm 2021, 57). Die Absenkung des kognitiven Anspruchsniveaus steht in einer Spannung zur Einführung einer Oberstufe an Schule A, die letztlich standardisierte Abschlüsse auf einem bestimmten Niveau abnehmen muss. Aus dieser Überlegung heraus wird die grundsätzliche Infragestellung des zentralen pädagogischen Grundsatzes des praktischen Lernens verständlich.

Das praktische Lernen stellt in der Darstellung des Lehrenden und des Schulleiters eine bewährte Antwort dar auf die virulenten Disziplinierungsprobleme, die von beiden – dem Lehrer und dem Schulleiter – übereinstimmend geschildert werden. Insbesondere nachmittags im Ganztags sei ein Durchdringen zu den Schüler:innen manchmal schwierig und eine gute Lernatmosphäre nur unter Mühe aufrecht zu erhalten. Für die Lehrpersonen stelle dies eine erhebliche Belastung dar. Der Schulleiter berichtet sowohl von Lehrenden, die sich mit dieser Thematik an ihn wenden, als auch aus eigener Erfahrung:

«Also das heißt sie gehen in die Klasse, siebte Klasse irgendwie, sollen da Mathe machen. Ist nicht möglich. So. Weil die Kinder so unruhig und flippen rum und irgendwie so was. So. Und das ist, das ist wie so ein, wie so ein Dompteur im Löwenkäfig, der dann mit seiner pädagogischen Peitsche, ja, wie die versucht an ihrem Platz halten. So. Und das ist das kontraproduktiv sowas. So und ich fühle mich selber in so einer Rolle.» (Schulleiter)

Auch der Lehrer berichtet von kontraproduktiven Auswirkungen der Disziplinierungsproblematik auf die pädagogische Arbeit

«Wenn du vorne stehst, dann musst du den-den General Diktator spielen, weil sonst funktioniert's nicht. Gerade mit diesen Kindern, dann is'/ Dann gehen die sich gegenseitig an die Gurgel, oder es wird laut. Ne, nachmittags kannst du dir das auch vorstellen. Dann müssen sie Angst vor dir haben, manchmal auch, weil sonst is'-is'-is' es verloren, ne. Und das ist halt auch hier so, ne. Wir ham' ganz viele stille Kinder, die super viel Potenzial haben, aber eben irgendwelche Sprachdefizite. Und die, die sind einfach mal die, die-die/ Die sind ins Hintertreffen geraten dadurch, dass wir hier Inklusion machen, dass wir eh 'en schwieriger Stadtteil hier sind und ähm dafür musst du dann Ruhe herstellen. Aber dann bist du in so einer Kaiserreichs-Lehrer-Geschichte wieder, was das Erziehen dann hinterher wieder schwierig macht.» (Lehrer)

Das praktische Lernen schaffe eine Entspannung dieser Problematik und bewirke, dass Schüler:innen ohne Zwang arbeiten. Die Lehrenden kämen dadurch aus der kontraproduktiven Rolle eines Dompteurs heraus. Ein wesentlicher Vorteil des praktischen Lernens besteht laut Schulleitung in der Möglichkeit, innerhalb dieses Lernsettings nach Leistungsniveaus zu differenzieren. Die Bandbreite an Leistungsniveaus sei durch die Inklusion und den Wechsel der Schulform um ein Vielfaches gestiegen.

«Also selbst in früheren homogenen ähm Schulklassen – vermeintlich homogenen Schulklassen gab es ja trotzdem eine Bandbreite – aber die Bandbreite ist jetzt aber noch durch Inklusion, die ist ja ins schier Unendliche abgeschossen. Also sagen wir vom Förderschüler geistige Entwicklung hier bis zum Gymnasiasten haben wir alles quasi in einer Klasse sitzen.» (Schulleiter)

Das praktische Lernen biete hier eine Form der Differenzierung, bei der sich die Schüler:innen Aufgaben suchen könnten, die dem eigenen Leistungsniveau entsprechen.

5.4 Ambivalente Positionierung des Lehrers

Der Lehrer folgt in seiner Definition von Maker Education weitgehend dem bewährten Deutungsmuster des praktischen Lernens. Dabei wird aber auch eine Differenz zwischen dem praktischen Lernen und der Anspruchskultur der Maker Education deutlich. Gegenüber der Anspruchskultur der Maker Education, die sich besonders in dem Idealbild des selbstbestimmten Lernens und in der individuellen Aneignung von persönlich bedeutsamen Gegenständen ausdrückt, zeigt sich der Lehrer ambivalent. An dieser Ambivalenz lässt sich auch das Spannungsfeld ablesen, das zwischen der Schulkultur an Schule A und dem imaginären Entwurf der Maker Education bestehen mag. Einerseits bejaht der Lehrer dieses Idealbild als wünschenswert, andererseits weist er dieses Idealbild als überzogen und dem Kontext nicht angemessen zurück. Die entscheidende Frage im Hintergrund ist anscheinend, ob der imaginäre Entwurf der Maker Education sinnvoll auf die Strukturprobleme der Schule A bezogen werden kann oder ob er in dem Kontext eher einen verkennend-illusorischen Charakter hat. Fraglich ist ausserdem, inwieweit der Entwurf auf der symbolischen Ebene mit Leben gefüllt werden kann. Eine Vakanz des Symbolischen bei überhöhten Ansprüchen auf der imaginären Ebene wäre für die Professionalisierung der Lehrkräfte nach Helsper eine ungünstige Konstellation und es wären eher deprofessionalisierende Effekte zu erwarten. Gelingt es nicht, die imaginären Ansprüche auf der symbolischen Ebene umzusetzen und damit die Strukturprobleme zu bearbeiten wird eine Professionalisierung eher verhindert. Es kommt infolge dessen zu Frustration, Resignation und möglicherweise auch Sündenbockdynamiken (vgl. Helsper 2008a, 117ff.). Als Strategie des Lehrers erscheint es, die Spannungen zwischen dem imaginären Entwurf der Maker Education und den Strukturproblemen an Schule A durch eine Anknüpfung an das bewährte Deutungsmuster des praktischen Lernens und eine entsprechende Definition der Maker Education zu reduzieren.

5.5 *Selbstgesteuertes Lernen und Individualisierung des Lernens*

Die praktische Umsetzung von Aktivitäten der Maker Education konnte bisher vor allem an einem Schultag, der für das Praxislernen reserviert ist, und in AGs realisiert werden. Das Lernsetting am Praxistag bietet den Vorteil, dass die Lerngruppen kleiner sind und mehr Zeit am Stück zur Verfügung steht. Das kommt einer Idealvorstellung des Lehrers von Maker Education entgegen.

«Und für mich ist Maker Education auch mal Musse haben, sich mal länger mit was zu beschäftigen oder es auch mal liegen zu lassen, auch mal irgendwie sich einfach mal zwei Stunden hinzusetzen und zu tüfteln.» (Lehrer)

Der Unterricht – auch der Projektunterricht und die AGs – findet vollständig im Klassenverband statt. Das wird vom Lehrer als hinderlich wahrgenommen. Er setzt dem ein Raumprinzip entgegen, das er an der Schule A in einem begrenzten Rahmen gerne erproben würde.

Die individuelle Förderung der Schüler:innen wird von ihm als wünschenswertes Ziel anerkannt. Die Bedingungen dafür sind aber aufgrund begrenzter Zeit- und Personalressourcen eher ungünstig. Die Fähigkeit zu selbstorganisiertem Lernen sieht der Lehrer bei einem Drittel bis der Hälfte seiner Schüler:innen gegeben, wobei er sich auf positive Erfahrungen aus der Zeit des Notfallunterrichts während der Corona-Pandemie beruft. Die Nutzung einer Lernplattform, über die Aufgaben eingestellt wurden, hat sich anscheinend bewährt. Zudem sei die Ausstattung im Setting des Notfallunterrichts zu Hause für die Zwecke des Technikunterrichts, zum Beispiel für Programmierübungen, wesentlich besser als die Ausstattung in der Schule.

Diese positive Einschätzung überrascht angesichts der Ergebnisse aus der ICILS Studie von Eickelmann et al. (2019). Dort ist zu lesen, dass in einem fünfstufigen Kompetenzmodell für Computer- und informationsbezogene Kompetenzen ein Drittel (33,2 Prozent) der Achtklässler in Deutschland nur die beiden untersten Kompetenzstufen erreicht. 42,9 Prozent der Schüler:innen erreichen immerhin Kompetenzstufe III und können damit Dokumente mit Hilfestellungen bearbeiten und einfache Informationsprodukte erstellen. Die Kompetenzstufe IV, die mindestens notwendig ist, um selbstständig und reflektiert digitale Medien in unterschiedlichen Fähigkeitsbereichen zu nutzen, erreichen lediglich 22 Prozent (vgl. Eickelmann 2020, 8). Auch bei den für selbstorganisiertes Lernen notwendigen Lernstrategien können Defizite festgestellt werden.

«Blickt man auf Schlüsselkompetenzen, die insbesondere zum eigenverantwortlichen Lernen wesentlich sind, zeigt sich, dass sozial benachteiligte Schüler*innen metakognitive Strategien oftmals weniger umfassend und sicher erworben haben. Zudem lassen sich Schwierigkeiten in Selbstmanagementstrategien ausmachen, die eine Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz offener, komplexer Lernsettings sind.» (Bremm und Racherbäumer 2020, 208f.)

Mit der Überzeugung, dass die notwendigen Fertigkeiten für selbstorganisiertes Lernen bei seinen Schüler:innen vorhanden seien, weist der Lehrer möglicherweise auch eine defizitorientierte Sicht zurück. Die Feststellung, dass bildungsbenachteiligten Schüler:innen in sozialräumlich deprivierten Schulen wesentliche Kompetenzen fehlen, um selbstbestimmtes Lernen umzusetzen, kann eben auch eine Stigmatisierung darstellen in dem Sinne, dass es infolge dieser Feststellung gar nicht erst versucht wird und die Bildungsungleichheit reproduziert wird (vgl. Bremm und Racherbäumer 2020, 207f.). So kann die Überzeugung des Lehrers auch als eine kontrafaktische Unterstellung von Autonomie verstanden werden, die erst ermöglicht, dass die notwendigen Kompetenzen zur Erlangung der Autonomie erlernt werden können.

5.6 Unterrichtsbeispiel: Strukturiertes problembasiertes Lernen

Der Lehrer vertritt didaktisch einen Ansatz, der von einer stark angeleiteten Einführung zu eigenen Ideen und Projekten der Schüler:innen führen soll. Dabei knüpft er an bestehende Unterrichtssettings an, die in Kooperation mit Unternehmen oder in Wettbewerbsform stattfinden. Dadurch wird die Maker Education auch in Verbindung mit Berufsorientierungsprozessen und Berufsvorbereitung gedacht. Das folgende Beispiel, das aus einem solchen Setting stammt, stellte für ihn einen besonderen Aha-Effekt dar.

«Aber bevor wir das machen, dieses in die Werkstatt zu gehen und dann mit Laubsäge und so das Ganze zusammen zu sägen und dann aufzubauen, habe ich mit denen angefangen mit Code-Punkt-Org, grafische Programmiersprache. Und bin jetzt auf Open Roberta und mit'm Calliope programmieren gegangen. Und hab' denen auch vorher gesagt, okay, den/ das lernen wir jetzt, damit wir hinterher das Auto, was wir gebaut haben, dann noch pimpen können. Ja, also das fährt ja nur vorwärts und irgendwie rückwärts. Einfach wenn du ein Schalter anschaltest. Und da geht natürlich noch mehr. Und was macht/ Dann haben wir angefangen, so auch mit Karten wieder, ne. Wie kannst du programmieren. Und Übungen online. Dann fängt das Mädchen an und hat sich irgendwie 'rausgesucht: Ja, ähm wir nehmen den Lichtsensor. (.) Wenn der Calliope ins Dunkel gehalten wird, geht das Licht an. (.) Und dann habe ich gefragt: Warum hast'en du das gemacht? Ja, weil bei [Automarke] ist das so. Wenn es dunkel wird, schalten die heutzutage von alleine das Licht an.» (Lehrer)

Die Klasse hat sich auf das Projekt in [Förderprogramm B] vorbereitet, indem sie Programmieren mit dem Calliope geübt hat. Die Aneignung der notwendigen Fertigkeiten erfolgt im Vorfeld und ist nicht aus einer Krise des Lernprozesses heraus

motiviert. Die Begründung des Lehrers, dass diese Fertigkeiten später notwendig werden, muss den Schüler:innen in diesem Moment genügen. Ganz im Sinne eines strukturierten problembasierten Ansatzes wird eine ausgearbeitete Beispiellösung zu Beginn präsentiert sowie Teilfertigkeiten und Wissen zum Programmieren in einer vorbereitenden Einheit vermittelt (vgl. Kerres 2018, 370). Die Basis-Aufgabe ist in dem Fall weitgehend vorstrukturiert durch einen Bausatz, der aber nach eigenen Vorstellungen weiter entwickelt und gestaltet werden kann. Das Mädchen aus dem Beispiel wurde durch das gezeigte Auto und ihr Alltagswissen über Autos dazu gebracht, selbst ein Auto mit einem Lichtsensor nachzubauen. Sie hat mithilfe der angebotenen Arbeitsmaterialien ohne direkten Auftrag selbst recherchiert und den Sensor entsprechend programmiert. Das Beispiel zeigt, wie innerhalb eines vorgegeben und strukturierten Rahmens Gestaltungsspielräume durch die Schüler:innen genutzt werden können. Dem Lehrer ist bewusst, dass die Orientierung an den Interessen der Schüler:innen und die Mitbestimmung in Settings dieser Art nicht besonders stark ausgeprägt sind.

«Also ne, das war ja das, was ich meinte, Lehrgänge den Kindern zeigen, was geht. Aber dann muss man sie auch irgendwann loslassen und das dann machen lassen. Das stört mich auch an diesem Formel1 Projekt. Das ist dann auch wieder so vorgegeben. Wir gehen immer in die Schulen und sagen den Kindern: Okay, das ist jetzt Projektunterricht und dann geben wir ihnen vor, welches Projekt jetzt überhaupt gemacht wird.» (Lehrer)

Der Lehrer erlebt, dass eine Orientierung an den Interessen der Schüler:innen zu mehr Respekt seitens der Schüler:innen ihm gegenüber führt. Im Spannungsfeld der Antinomie zwischen Person und Sache könnte eine stärkere Orientierung an der Person der Schüler:innen unter Umständen zu einem effektiveren und erfolgreicherem Lernen beitragen. Dabei könnte nochmals unterschieden werden, ob der Lehrer sich in der Festlegung der Themen an den Schülerinteressen orientiert oder die Schüler:innen selbst Themen bestimmen können. Als Ziel erscheint zwar eine grössere Partizipation bei der Themenwahl durch die Schüler:innen, aber die organisatorischen Grenzen werden auch problematisiert.

«Aber es wäre natürlich cool, wenn wir da mal ein Projekt einreichen, was von den Schülern kommt. Aber da fehlt halt diese, die Stringenz. Also ich hab die/ Ich krieche die manchmal auch erst in Klasse neun oder in zehn.» (Lehrer)

In weiteren empirischen Studien könnte eruiert werden, inwiefern diese organisatorischen Grenzen zugunsten von Projektarbeit verschoben werden können.

6. Fazit

Die Schule A zeichnet sich durch eine Strukturproblematik von sozialer Benachteiligung und Anerkennungsdefiziten aus. Mit dem Schulmythos des praktischen Lernens wird ein inklusiver Anspruch vertreten, der durch vielfältige Praktiken auch in die Tat umgesetzt wird, soweit dies aus den Interviews und der öffentlichen Darstellung erschlossen werden konnte. In Bezug auf die Einführung von Making befindet sich Schule A am Beginn eines Implementierungsprozesses. Es ist davon auszugehen, dass die unterschiedlichen Phasen des Implementierungsprozesses, in denen sich die Schulen in dem Zuge der Einführung von Maker Education befinden, als eine wesentliche Dimension bei der Typenbildung berücksichtigt werden müssen, wenn im Zuge der weiteren Forschung durch theoretisches Sampling weitere Ausprägungen von Making an Schulen untersucht werden.

Der Bezug auf die Maker Education findet an Schule A in einem Modus der verändernden Rückbesinnung auf ein bewährtes schulkulturelles Deutungsmuster – das praktische Lernen – statt. Die imaginäre Anspruchskultur der Maker Education wird als Ideal durchaus bejaht und der Lehrer schwankt zwischen der Hoffnung darauf, dass die Maker Education zur Entspannung der Strukturprobleme an seiner Schule beitragen wird und der Abwehr überzogener oder unpassender imaginärer Ansprüche. Die in beiden Interviews anzutreffende Schulkritik knüpft mit den Bildern der «Kaiserreichsstruktur» und der «Buchsule» an reformpädagogische Bilder der Pauk- und Drillschule an. Diese Form der Schulkritik kann möglicherweise auch eine entlastende Funktion gegenüber überhöhten Ansprüchen an die eigene Praxis erfüllen. Die Berufsvorbereitung stellt eine naheliegende inhaltliche Verknüpfung dar, die mit dem Anspruch einer Integration in den Arbeitsmarkt aus der Schulkultur heraus entsteht. Weitere denkbare inhaltliche Verknüpfungen wären zum Beispiel Mathematik & Naturwissenschaften oder Kunst (Marshall und Harron 2018)

In der pädagogischen Begründung spielt die Bewältigung der Strukturproblematik von sozialer Benachteiligung und eines damit verbundenen Anerkennungsdefizits eine zentrale Rolle. Es ist gut möglich, dass das vorstrukturierte problemorientierte Lernsetting für Schule A das passende Setting ist und es nicht zielführend wäre, offenere Settings wie Freiarbeit anzustreben. Unter Umständen könnte eine Öffnung zu mehr Mitbestimmung bei der Auswahl der Lernziele und -inhalte, der Methoden, der Lernorganisation oder der Evaluation aber auch förderlich sein.

Dimension	Ausprägung an Schule A
Prozessphase	Frühe Implementierungsphase
dominante inhaltliche Verknüpfungen	Berufsvorbereitung, Handwerk, Technik
dominante pädagogische Begründung	Identitätsentwicklung durch Handlungsorientierung, Binnendifferenzierung, Alternative zu Disziplinierung
dominantes Unterrichtssetting	vorstrukturiertes problemorientiertes Lernsetting, teilweise Auflösung des Stundentakts
Bezug zur Schulkultur	knüpft an das bewährte Deutungsmuster Praktisches Lernen an (Modus: verändernde Rückbesinnung)
Umgang mit imaginärem Anspruch der Maker Education	Ambivalenz: Hoffnung & Zurückweisung

Tab. 1: Dimensionen der Maker Education an Schulen (eigene Darstellung).

Angesichts der Befunde von Eickelmann et al. (2019) aus der ICILs-Studie zu den computer- und informationsbezogenen Kompetenzen von Schüler:innen und der Studien zu Schulen in sozialräumlich deprivierter Lage (vgl. Racherbäumer 2017; Bremm und Racherbäumer 2020; Bremm 2021) muss die Umsetzung von selbstorganisierten oder selbstbestimmten Lernsettings in Schulen dieses Typs eine gezielte und zielgruppengerechte Einübung der dafür notwendigen Kompetenzen beinhalten. Des Weiteren ist für eine erfolgreiche Umsetzung von Maker Education die Personalentwicklung der Lehrkräfte in Bezug auf die Projektmethode ein kritischer Punkt. Hindernisse könnten hier eine Defizitorientierung und mangelndes Vertrauen in die Fähigkeiten der Schüler:innen darstellen. Eine partielle Auflösung des Stundentakts und des Klassenverbands besteht bereits. Eine weitere Auflösung des Klassenverbands zugunsten von Unterricht nach Raumprinzip wird von dem Lehrer angestrebt und steht als Möglichkeit im Raum. Es wird aber auch betont, dass feste Bezugspersonen und eine den inhaltlichen Sachbezug eröffnende Beziehungsarbeit mit den Schüler:innen eine grundlegende Bedeutung haben. Daher erscheint eine pädagogische Haltung, die sich der Bedeutung der wechselseitigen Anerkennung bewusst ist (vgl. Hafener et al. 2013; Bremm 2021; Schübel und Winkelhofer 2022), als zukunftsweisender Ansatz für die Umsetzung von Making an Schulen in sozialräumlich deprivierter Lage.

Literatur

- Blikstein, Paulo, und Marcelo Worsley. 2016. «Children Are Not Hackers: Building a Culture of Powerful Ideas, Deep Learning, and Equity in the Maker Movement». In *Makeology: Makerspaces As Learning Environments* (Volume 1), herausgegeben von Kylie Peppler, Erica Rosenfeld Halverson, und Yasmin B. Kafai, Volume 1, 103–22. New York and London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315726519>.
- Bräu, Karin. 2008. «Die Betreuung selbstständigen Lernens – vom Umgang mit Antinomien und Dilemmata». In *Paradoxien in der Reform der Schule: Ergebnisse qualitativer Sozialforschung*, herausgegeben von Georg Breidenstein und Fritz Schütze, 179–99. Studien zur Schul- und Bildungsforschung. Wiesbaden: VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91053-6>.
- Breidenstein, Georg, und Fritz Schütze. 2008. «Überlegungen zum paradoxen Charakter von Schulreformprozessen – eine Einleitung». In *Paradoxien in der Reform der Schule: Ergebnisse qualitativer Sozialforschung*, herausgegeben von Georg Breidenstein und Fritz Schütze, 9–23. Studien zur Schul- und Bildungsforschung. Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91053-6_1.
- Bremm, Nina. 2021. «Bildungsbenachteiligung in der Corona-Pandemie. Erste Ergebnisse einer multiperspektivischen Fragebogenstudie». *PraxisForschungLehrer*innenBildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung* 1 (3): 54–70. <https://doi.org/10.25656/01:22186>.
- Bremm, Nina, Dominique Esther Klein, und Kathrin Racherbäumer. 2016. «Schulen in ‹schwieriger› Lage?! Begriffe, Forschungsbefunde und Perspektiven». *Die deutsche Schule* 108 (4), 323–39. <https://doi.org/10.25656/01:20484>.
- Bremm, Nina, und Kathrin Racherbäumer. 2020. «Dimensionen der (Re-)Produktion von Bildungsbenachteiligung in sozialräumlich deprivierten Schulen im Kontext der Corona-Pandemie». In «*Langsam vermisste ich die Schule ...*»: *Schule während und nach der Corona-Pandemie*, herausgegeben von Detlef Fickermann und Benjamin Edelstein, 202–15. Die Deutsche Schule. Beiheft. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830992318.13>.
- Busse, Susann, und Sabine Sandring. 2015. «Schulkultur und Schulversagen – Reflexionen zu Grenzen und Begrenzungen von Bildungsprozessen». In *Schulkultur: Theoriebildung im Diskurs*, herausgegeben von Jeanette Böhme, Merle Hummrich, und Rolf-Torsten Kramer, 237–61. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03537-2_11.
- Corbin, Juliet M., und Anselm L. Strauss. 2015. *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Fourth edition. Los Angeles; London; New Delhi; Singapore; Washington DC; Boston: SAGE.
- Eickelmann, Birgit. 2020. «Wie der Blick in die Zahlen für den Blick nach vorne hilft. Perspektiven aus der Studie ICILS 2018 in der Zeit der Corona-Krise und darüber hinaus». *Lehren & Lernen. Zeitschrift für Schule und Innovation* 46 (4): 6–10.

- Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, und Amelie Labusch. 2019. «Die Studie ICILs 2018 im Überblick. Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven». In *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking.*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Geick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Kurt Schwippert, und Jan Vahrenhold, 7–31. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18319>.
- Eriksson, Eva, Carl Heath, Peter Ljungstrand, und Peter Parnes. 2018. «Makerspace in school – Considerations from a large-scale national testbed». *International Journal of Child-Computer Interaction* 16 (1): 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.10.001>.
- Hafenecker, Benno, Peter Henkenborg, und Albert Scherr, Hrsg. 2013. *Pädagogik der Anerkennung: Grundlagen, Konzepte, Praxisfelder*. Schwalbach i. Ts: Debus.
- Helsper, Werner. 2008a. «Schulkulturen als symbolische Sinnordnungen und ihre Bedeutung für die pädagogische Professionalität». In *Pädagogische Professionalität in Organisationen: Neue Verhältnisbestimmungen am Beispiel der Schule*, herausgegeben von Werner Helsper, Susann Busse, Merle Hummrich, und Rolf-Torsten Kramer, 23:115–145. *Studien zur Schul- und Bildungsforschung*. Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90777-2_7.
- Helsper, Werner. 2008b. «Schulkulturen - die Schule als symbolische Sinnordnung» *Zeitschrift für Pädagogik* 54 (1): 63–80
- Helsper, Werner, Jeanette Böhme, Rolf-Torsten Kramer, und Angelika Lingkost. 2001. *Schulkultur und Schulmythos: Gymnasien zwischen elitärer Bildung und höherer Volksschule im Transformationsprozess*. Opladen: Leske + Budrich. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-96398-7>.
- Hollauf, Eva-Maria, und Sandra Schön. 2020. «Pop-Up-Makerspaces in Schulen: Erfahrungen aus der europäischen Initiative DOIT». In *Lernwelt Makerspace: Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl, und Richard Stang, 165–76. Berlin u. a.: de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-013>.
- Ingold, Selina, und Börn Maurer. 2019. «Making in der Schule: Reibungspunkte und Synergieeffekte». In *CHANCE MAKERSPACE: Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Börn Maurer, und Daniel Trüby, 59–86. München: kopaed. https://publikationsserver.phtg.ch/receive/phtg_mods_00001615.
- Kaufmann, Jean-Claude. 2015. *Das verstehende Interview: Theorie und Praxis*. 2., überarbeitete Auflage. Konstanz, München: UVK.
- Kerres, Michael. 2018. *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. Berlin; Boston: De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110456837>.

- Kramer, Rolf-Torsten. 2015. «Die Theorie der Schulkultur in Entwicklung ? – Ausgangspunkte, Weiterführungen und <heimliche> Umbauten durch Werner Helsper». In *Schulkultur: Theoriebildung im Diskurs*, herausgegeben von Jeanette Böhme, Merle Hummrich, und Rolf-Torsten Kramer, 23–47. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-03537-2_2.
- Marshall, Jill A., und Jason R. Harron. 2018. «Making Learners: A Framework for Evaluating Making in STEM Education». *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 12 (2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1749>.
- Racherbäumer, Kathrin. 2017. «Rekonstruktionen zu Bedeutung und Funktionen der Lehrer-Schüler-Beziehung aus Sicht von Lehrerinnen und Lehrern an Schulen in sozial benachteiligter Lage». In *Schulentwicklungsarbeit in herausfordernden Lagen*, herausgegeben von Veronika Manitus und Peter Dobbelsstein, 123–39. Beiträge zur Schulentwicklung. Münster; New York: Waxmann.
- Sagbauer, Nanna Nora, und Martin Ebner. 2021. «Developing a Taxonomy Concerning Physical Existing Makerspaces in and Used by Schools». *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)* 11 (2): 57. <https://doi.org/10.3991/ijep.v11i2.17021>.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr, Hrsg. 2016. *Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen: Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten*. Bad Reichenhall: BIMS gem. e.V.
- Schübel, Thomas, und Ursula Winklhofer. 2022. «Anerkennung als pädagogische Aufgabe. Chancen für Schulen in herausfordernden Lagen». *journal für lehrerInnenbildung jlb* 4 (Segregierte Schulen – Schulen mit besonderen Herausforderungen?). <https://doi.org/10.35468/jlb-04-2021-02>.
- Strauss, Anselm L. 2010. *Qualitative Analysis for Social Scientists*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511557842>.
- Strübing, Jörg. 2014. *Grounded Theory: Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung eines pragmatistischen Forschungsstils*. Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19897-2>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Didaktische Szenarien im Bereich Produktionstechnologien

**Eine explorative Erhebung zur Nutzung von neun Lehr- und Lernräumen in
Wien und Niederösterreich**

Christoph Braun¹ , Matthias Steinböck² , David Haselberger²  und Fares Kayali² 

¹ Fachhochschule St. Pölten

² Universität Wien

Zusammenfassung

Dieser Artikel beschreibt die Ergebnisse einer explorativen Studie zur aktuellen Nutzungssituation von neun an Hochschulen in Ostösterreich angesiedelten Lehr- und Lernräumen im Bereich der digitalen Produktionstechnologien. Leitfadengestützt führten Forschende, die selbst in der Laborlehre, -gestaltung und -organisation eingebunden sind, bis zu einstündige semi-strukturierte Interviews mit den jeweiligen Lab-Expert:innen. Die damit erhobenen Daten wurden danach im Rahmen einer qualitativen inhaltlichen Analyse den Komponenten didaktischer Szenarien nach Reinmann (2015) zugeordnet. Daraus ergab sich sowohl, welche (teils spielerischen) Formen von Vermittlung, Aktivierung, Betreuung und Überprüfung zur Kompetenz- bzw. Wissensaneignung angewendet werden, als auch welche Alternativen aufgrund der Coronapandemie zur Online-Laborlehre geschaffen wurden. Die Untersuchung zeigt, dass sich die Nutzungssituation zwar bedingt durch inhaltliche Schwerpunkte und Zielgruppenausrichtung unterscheidet, jedoch die angewendeten Lehr-Lernszenarien vergleichbar sind. Dabei steht der spielerische Charakter des Ausprobierens und Kennenlernens im Vordergrund. Erkannt wurde ebenfalls, dass – aufgrund hohen organisatorischen, personellen und infrastrukturellen Aufwands – aktuell nur wenige tatsächlich durchführbare Online-Settings (z. B. Distanzlaborlehre) bestehen. Zudem erkennen die Autoren der Studie ein ungenutztes Potenzial der Labore in der zielgruppenübergreifenden Nutzung. So werden etwa die Labore zumeist nur für lediglich einige wenige bzw. ähnliche Zielgruppen (z. B. kleine und mittlere Unternehmen oder Lehrpersonen) genutzt. Die Autoren stellen in diesem Artikel beispielhaft dar, wie diese Räume weiteren Zielgruppen wie Schüler:innen, Studierende, Lehrende etc. für Aktivitäten im Wissenstransfer gemeinsam nutzbar gemacht werden können. Dazu werden abschliessend Empfehlungen hinsichtlich einer Nutzung für mehrere Zielgruppen sowie zur Integration von virtuellen und spielerischen Ansätzen in Form eines Beispielszenarios mit Praxisüberlegungen beschrieben. Dieses soll ein Angebot für bestehende Labs sein,

heterogenere Lerngruppen in Betracht zu ziehen, und die Ausgangsbasis für weitere empirische Untersuchungen hinsichtlich der Anwendbarkeit dieses Szenarios für diversere Gruppen darstellen.

Didactic Scenarios in the Field of Production Technologies. Exploring the Usage of Teaching and Learning Spaces in Vienna and Lower Austria

Abstract

This article presents the results of an explorative study of the current situation to the usage of nine teaching and learning spaces located at universities in the East of Austria in the field of digital production technologies. Researchers who are themselves involved in laboratory teaching, design and organization conducted up to one-hour semi-structured interviews with the respective lab experts. The data collected this way were then assigned to the components of didactical scenarios according to Reinmann (2015). The outcomes showed which (partly playful) forms of transfer, activation, support, and assessment are used for the gaining competence and knowledge, as well as which possibilities were created for online laboratory teaching due to the corona pandemic. The study shows that although the premises differ in terms of content and target group orientation, the teaching-learning scenarios used are comparable. The playful character of playing and trying out is emphasized. It was also recognized that due to high organizational, personnel and infrastructural challenges, there are currently only few actually feasible online settings (e.g., distance laboratory teaching). In addition, the authors of the study recognize an untapped potential of the laboratories in the target group-oriented use. For example, laboratories are usually used for a few or similar target groups (e. g., small and medium-sized enterprises or teachers). In this article, the authors present how these spaces could be used for other target groups such as pupils, students, teachers, etc. for knowledge transfer activities. For this purpose, final recommendations regarding usage for several target groups, as well as for the integration of virtual and playful approaches, are described in the form of an example scenario with practical considerations. The article should be an offer to existing labs to consider more heterogeneous learning groups and provide the basis for further empirical investigations regarding the applicability of the practical example scenario for more diverse groups.

1. Einleitung

Makers' Lab, FabLab oder Pilotfabrik – diese Bezeichnungen stellen nur einen Auszug an Benennungen von aktuell in Österreich an Hochschulen vorzufindenden und speziell für Produktionstechnologien gestalteten Lehr- bzw. Lernräumen dar. Die

häufig als eine Art Werkstatt dargestellten Räume sollen, wie Gerlich (2014) bereits schreibt, «effektiv» gestaltet sein, um damit gemeinschaftliche, aktive und kompetenzorientierte Lernsettings zu fördern. Die technische Ausstattung der Räume orientiert sich dabei neben Handwerkzeug auch an digitalen Produktionstechnologien. Wie Bohne (2013) darstellt, sind dies z. B. 3D-Drucker oder Lasercutter. Es finden sich aber mittlerweile auch Themen wie Roboter oder Augmented und Virtual Reality, welche dem Thema der Industrie 4.0 zugeordnet werden können, in diesen Räumen wieder (Verein Industrie 4.0 Österreich 2017). Wie auch Hirsch-Kreinsen et al. (2019) beschreiben, werden zudem sogenannte «Maker-Spaces» als Raum empfohlen, um neue Technologien der Industrie 4.0 auszuprobieren bzw. bewusst durch spielerisches Anwenden kennenzulernen. Je nach konkreter Ausstattung, werden dazu ebenfalls Lehr-Lernszenarien, z. B. als Workshopformat, für die jeweiligen Zielgruppen angeboten und in den Räumen abgehalten (Blikstein et al. 2019). Dabei werden zumeist Lehreinheiten zum allgemeinen Kennenlernen der Ausstattung bzw. der Technologien und zur Einschulung auf den Maschinen angeboten. Die Teilnehmenden sollen dabei zur selbstständigen Nutzung bzw. zur Inanspruchnahme der Technologien motiviert und für weitere Projektumsetzungen unterstützt werden.



Abb. 1: Foto des Makers' Lab der Fachhochschule St. Pölten, Österreich.

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Bezogen auf die österreichischen Bundesländer Niederösterreich und Wien bestehen aktuell mehrere der beschriebenen Räume. So betreibt die Fachhochschule St. Pölten (Abbildung 1) etwa das «Makers' Lab» und die Universität Wien das «Computational Empowerment Lab». Die Ausstattung dieser hier stellvertretend genannten Labs orientiert sich an den von Bockermann et al. (2021) aufgelisteten Empfehlungen zum Grundinventar an Werkzeug und Maschinen. Wie ebenfalls von Dittert und Krannich (2013) beschrieben, zählen dazu die bereits genannten Technologien zur digitalen Fertigung wie Laserschneidemaschine, 3D-Drucker, Computer und

Tablets. Auch Werkbänke, Werkzeuge und Maschinen zur handwerklichen Bearbeitung von Werkstücken und Elektronikarbeitsplätzen inkl. Lötstation befinden sich in Kombination mit der beschriebenen Ausstattung in den Räumen. Die Autoren dieses Artikels bezeichnen das genannte Inventar als technologische Vergleichsbasis der Räume.

Die wesentliche Nutzung der Räume bildet deren Einbindung in hauseigene Lehrveranstaltungen und Projekte. Obwohl das Thema Making wie von Landwehr Sydow, Åkerfeldt und Falk (2021) geschrieben, bereits zielgruppenübergreifend gedacht wird, schreiben jedoch Braun, Kayali und Moser (2022) dass zumindest im «Makers' Lab» der FH St. Pölten bisher nur erste wenige Wissenstransferaktivitäten für weitere Zielgruppen wie Kinder, Jugendliche oder Unternehmen angeboten werden und diese lediglich einen geringen Anteil der Nutzung ausmachen. Eine Herausforderung in der Förderung der Nutzung dieser Räume durch weitere Zielgruppen stellt die jeweilige Gestaltung der Lehreinheiten dar. Beispielsweise bedarf es wie von Kaar und Sary (2019) untersucht, auch im Bereich dieser Labs eines didaktischen Konzepts zur Wissensvermittlung. Die Autoren verwenden in diesem Artikel dazu den Begriff des «didaktischen Szenarios». Auch wenn dieser Begriff in der Vergangenheit wie z. B. von Schulmeister (2006) oder auch von Hasanbegovic (2004) eine etwas variierende Definition erfahren hat, wird in diesem Artikel von einem praktisch orientierten Plan zur Abhaltung von Lehreinheiten nach der Strukturierung von Reinmann (2015) ausgegangen. Wie in ihrem Studentext beschrieben, beinhaltet ein didaktisches Szenario zumindest Informationen zu Einsatz und Gestaltung von Lehrmaterialien (Komponente Vermittlung), Aufgaben (Komponente Aktivierung) und begleitenden Kommunikationsmassnahmen (Komponente Betreuung).

1. *Komponente Vermittlung*: Hierbei handelt es sich um die Art der Übertragung bzw. den Transfer oder auch um die Darbietung der Inhalte an die Lernenden. Die Autoren verstehen darunter z. B. die Lerninhalte sprachlich, bildhaft oder auch interaktiv an die Lernenden zu vermitteln. Die Alternativen sind vielfältig, wobei sich dazu ebenfalls eine Auseinandersetzung mit den Grundlagen zu rezeptiven Lernprozessen wie z. B. bei Modellen von Mayer (2005) oder auch Schnotz (2005) im Bereich des multimedialen Lernens empfiehlt.
2. *Komponente Aktivierung*: Der Begriff selbst kann beschrieben werden als Gestaltung von Massnahmen, die der Motivierung, Einladung und Bindung von Lernenden zur produktiven und reproduktiven Auseinandersetzung mit den Lehrmaterialien dienen (Reinmann 2015). Die Massnahmen können dabei je nach Zielen, Inhalten und Materialien wieder unterschiedliche Formen aufweisen. Einzel- oder Gruppenarbeiten in Form von Diskussionen, Schnitzeljagden, Lückentexte, Quiz, Design- oder Projektaufträge sollen hierbei nur stellvertretend als Überblick für die Fülle an Alternativen zur Aufgabengestaltung genannt werden.

3. *Komponente Betreuung*: Ziel ist dabei, den Lernprozess für Lernende durch abgestimmte Elemente der Kommunikation zu fördern. Die Komponente beinhaltet Massnahmen, z. B. Instruktionen zum Erlernen der Bedienung einer Maschine in der Werkstatt oder die Abhaltung von Besprechungen zu erarbeiteten Aufgabenergebnissen und Massnahmen zur Unterstützung von kooperativen Lernsettings (Gruppenarbeiten). Es handelt sich um eine Art Bindeglied zwischen Vermittlung und Aktivierung, wobei Kommunikation in sehr unterschiedlichen Formen auftreten kann. So können Lehrende nach Reinmann (2015) beispielsweise als tutorielle und problemlösende Personen im didaktischen Szenario auftreten, oder auch feedbackgebende, soziale und weitere Rollen einnehmen.

Die einzelnen Bestandteile (Komponenten) des didaktischen Szenarios sollen sich laut dem Studientext von Reinmann (2015) an den zu Beginn der Planung einer Lehreinheit definierten Zielgruppen und deren Lehr-Lernzielen orientieren. Ebenfalls sollte im Szenario ein dem Format adäquates Vorgehen zur Überprüfung der Erreichung der Lehr-Lernergebnisse (Assessment) bedacht werden. Buxton, Kay und Nutbrown (2022) verdeutlichen hierzu, dass das gewählte Prüfungsformat auch für den Bereich Making geeignet sein sollte.

1.2 Ziel und Forschungsfrage

Aufgrund der im vorangegangenen Unterkapitel beschriebenen Herausforderung in der Gestaltung von didaktischen Szenarien und der damit bestehenden Barriere zur Nutzung von Lehr-Lernräumen für unterschiedliche Zielgruppen führten die Autoren dieses Artikels eine Untersuchung zu an Hochschulen in Wien und Niederösterreich angesiedelten Lehr- und Lernräumen zum Thema digitaler Produktionstechnologien durch. Ziel war es, einen aktuellen Überblick zur technischen Ausstattung sowie deren didaktischer Gestaltung und Anwendung zu erhalten. Aufgrund des gewählten explorativen Charakters stellten die Forschenden dazu folgende Forschungsfrage:

Wie gestalten sich aktuelle didaktische Szenarien in bestehenden Lehr-Lernräumen im Bereich der digitalen Produktionstechnologien an Hochschulen in Niederösterreich und Wien?

In den folgenden Kapiteln werden nun die methodische Herangehensweise sowie Erkenntnisse und Empfehlungen beschrieben. Lehrende, Laborverantwortliche und Forschende sollen damit in der Entwicklung neuer didaktischer Szenarien unterstützt und dadurch die Nutzung von bereits bestehenden Labs hinsichtlich diverser Zielgruppen gestärkt werden. Die Autoren möchten damit den Lesenden einen praxisorientierten Überblick zu aktuell praktizierten didaktischen Szenarien in diesen häufig – wie auch von Stickel et al. (2019) – als Maker- oder FabLab bezeichneten

Räumen liefern. Der Artikel soll somit die Umsetzung neuer bzw. weiterer Szenarien, aber auch den Aufbau- und weiteren Entwicklungsprozess derartiger Räume an Hochschulen unterstützen.

2. Methodik

Von der Forschungsfrage (siehe 1.2) ausgehend wurden Lehr- und Lernräume in Wien und Niederösterreich in neun hochschulbildenden Institutionen (im Folgenden «Labs») über Onlinerecherchen und das soziale Umfeld der Forschenden identifiziert. Methodologisch wurden dabei mit einer Datenerhebung und einer Datenanalyse zwei Tätigkeitsbereiche unterschieden. Für die Datenerhebung wurden die Phasen Vorbereitung, Recherche, Erhebung und Aufbereitung durchlaufen. Für die Datenanalyse wurden drei Analyseschritte gesetzt. Die spezifischen Methoden wurden theoretisch informiert: Das leitfadengestützte Expert:inneninterview durch Gläser und Laudel (2010) und die qualitative Inhaltsanalyse durch Kuckartz (2018).

2.1 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte in vier Phasen: Vorbereitung, Recherche, Erhebung und Aufbereitung.

1. In der zu Beginn der Studie startenden *Vorbereitungsphase*, wurde ein Leitfragebogen ausgearbeitet. Drei Forscher entwickelten gemeinsam 42 Fragen, die in Teile gegliedert wurden. Der erste, allgemeine Teil, umfasst vier Fragen zur Person, wie die selbstverstandene Rolle und Funktion, die Vorerfahrung, welche Formate die Person im Lab anbietet und die persönliche Motivation. Der zweite Teil enthält elf Fragen zu Didaktik und Kompetenzentwicklung. Unter anderem wurde hier gefragt, welche Vorstellungen die Lab-Nutzer:innen vom Lab haben, was sie mitnehmen oder welche Kompetenzen sie entwickeln können. Weiters wurde gefragt, welche Aktivitäten bereitgestellt werden, welche Assessmentformate es gibt und ob bzw. welche Angebote es speziell für Lehramtsstudierende gibt. Der dritte Teil geht auf virtuelle und hybride Formate ein und enthält 13 Fragen. Es wurde gefragt, ob und wie Distanz-Lehre angeboten wird und was besonders gut funktioniert hat oder was sich als herausfordernd herausstellte. Bei Labs, die noch keine virtuellen oder hybriden Formate anbieten, wurde nach den Herausforderungen, Hürden sowie den erwarteten Nach- und Vorteilen gefragt. Unterschiede in der Didaktik zwischen Online- und Offline-Formaten wurden eingeholt. Der vierte und letzte Teil umfasst 14 Fragen zu spielerischen Ansätzen im Lab. Diese Fragen wurden unter diesem Begriff geführt, um keine Vorkategorisierung durch eine Differenzierung von *Game Based Learning* und *Gamification*

- vorzunehmen. Anschliessend wurde gefragt, was «das Spielerische» an den angebotenen Methoden ausmache sowie ob und wie die Auseinandersetzung mit Computerspielen oder spielerischen Ansätzen auch in die Bewertung einfluss.
2. In der *Recherche*phase wurden Bildungsinstitutionen aus unterschiedlichen Hochschulbereichen aus Niederösterreich und Wien erfasst und für eine Interviewanfrage wie folgt ausgewählt: Es wurden Fachhochschulen, Pädagogische Hochschulen, sowie Universitäten berücksichtigt, während solche Hochschulen ausgeschlossen wurden, die keine Lehr-/Lernangebote im Lab öffentlich bewarben. Die Lehre musste für die Auswahl über die reine Bereitstellung der Produktionstechnologien oder Hardware hinausgehen, also didaktische Konzepte umsetzen oder (weiter)entwickeln. Die inhaltlichen Schwerpunkte der Labs lagen in Industrie- und KMU-Orientierung sowie einer Ausrichtung auf Lehrpersonen in der Ausbildung oder im Beruf. Somit zeigte sich bereits während der Recherche eine Differenzierung der Angebote für verschiedene Zielgruppen. Im technischen Angebot differenzieren sich die Labs mit Fokus auf *Making* (3D-Druckmaschinen, Lasercutter), *Robotik* (programmierbare Roboter), *Medien* (Videoerstellung, Fotografie, Virtual und Augmented Reality), *Programmierung* oder *Anwendungsdemonstrationen* für KMUs und Industrie (Produktionslinien). Schliesslich wurden Expert:innen für didaktische Aspekte im jeweiligen Lab ausgewählt. Für alle Labs wurden Expert:innen recherchiert und Interviewtermine vereinbart.
 3. Zu Beginn der *Erhebungsphase* wurden die zu befragenden Personen unter Bereitstellung von Informationen zum Interviewthema «Didaktik, Hybrid-Settings und spielerische Ansätze» um ihr Einverständnis zur Befragung gebeten. Alle Teilnehmenden stimmten zu. Von elf Interviewpartner:innen in neun Interviews waren fünf gleichzeitig mit der Leitung des Labs betraut. Alle Personen trugen Verantwortung für Lehr-Lernszenarien, die in den jeweiligen Labs umgesetzt wurden. Die Szenarien reichen von unterhaltsamen offenen Formaten bis zu ganzsemestrigen Lehrveranstaltungen mit eigenständigen oder geführten Laborteilen mit abschliessender Beurteilung. Zwei Interviews wurden mit zwei Personen geführt, da bei diesen Labs die Leitung eine gesonderte Rolle einnimmt. Da die Interviewstudie während Corona geplant war, wurden sechs von neun Interviews online und drei ohne Zuhilfenahme digitaler Kommunikationsmittel geführt. Bei den nicht digitalen Interviews nutzten manche Expert:innen die Chance, Anekdoten und Erzählungen einzubringen, was dem Interviewablauf wie auch den erhobenen Daten einen leicht narrativen Charakter gab.
 4. Die Datenerhebung abrundend, wurde in der *Aufbereitungsphase* das gesammelte Material für die Analyse vorbereitet. Insgesamt wurden 6 Stunden und 19 Minuten Audiomaterial aufgenommen. Für die manuelle Transkription der Audioaufnahmen wurde ein Transkriptionsleitfaden mit 14 Regeln erstellt. Beispiele dafür sind etwa, dass Dialektausdrücke möglichst sensibel durch Ausdrücke der

Standardsprache ersetzt wurden und Sprache und Interpunktion leicht geglättet wurde, um der Schriftsprache nahezukommen. Der Zeitverlauf während des Interviews wurde mittels Zeitangaben auf Sekundenebene festgehalten und an Stellen dokumentiert, an welchen die hauptsächlich sprechende Person wechselte. Interviewpartner:innen wurden anonymisiert. Wurden von den Interviewern direkt Fragen aus dem Fragebogen gestellt, wurde dies mittels farblicher Hervorhebung markiert.

2.2 Datenanalyse

Die Auswertung erfolgte in einer mehrstufigen qualitativen Inhaltsanalyse.

1. In der *ersten Stufe* wurden die Interviewtranskripte nach Kuckartz (2018) durch drei Forschende in Gedankeneinheiten geteilt und offen kodiert. Zusätzlich wurden kürzere oder längere Interviewabschnitte erfasst, um Zusammenhänge sichtbar zu machen, die über einzelne Gedankeneinheiten hinausgehen. In Abstimmungstreffen wurden die Codes besprochen und schliesslich übergeordnete Codes gefunden, wodurch eine zweistufige Codehierarchie entstand und eine inhaltliche Reichhaltigkeit in den Themengebieten «Zielgruppe», «Lehr- Lernziele» und «Prüfungsformat» festgestellt werden konnte. Für diese und die folgende Stufe kam eine Online-Tabellenverwaltungsprogramm zum Einsatz.
2. Diese Reichhaltigkeit wurde in einer *zweiten Analysestufe* genutzt, indem die drei identifizierten Themen auf die gleiche Stufe wie die drei Hauptkomponenten didaktischer Szenarien nach Reinmann (2015) gestellt wurden. Zwei Forschende ordneten 457 Interviewausschnitte drei Komponenten didaktischer Szenarien nach Reinmann «Vermittlung», «Aktivierung» und «Betreuung» sowie den erkannten Komponenten «Zielgruppe», «Lehr- Lernziele» und «Prüfungsformat» zu. In regelmässigen Abstimmungstreffen diskutierten die zwei Forschende die Zuordnungen und prüften besonders Mehrfachzuordnungen und Interviewausschnitte, bei denen keine Zuordnung möglich war.
3. Abschliessend wurden in einer *dritten Analysestufe* die Ausschnitte innerhalb einer Komponente durch zwei Forschende erneut offen in einer Ebene kodiert (keine Codehierarchie wie in der ersten Stufe). Ausschnitte wurden teilweise mehreren Codes zugeordnet. Die so gewonnenen Kernaussagen innerhalb der Komponenten und die Labs übergreifende Aussagen wurden somit zusammengefasst. Dafür wurde eine digitale Online-Pinnwand (padlet.com) genutzt.

2.3 Ausarbeitung der Empfehlungen

Um für die sechs identifizierten Bereiche Empfehlungen für Labs zu erarbeiten, wurden je nach Zusammenhang drei Gegenüberstellungen herangezogen: der Vergleich der Aussagen verschiedener Labs zu den jeweiligen Aussagen anderer Labs, der Vergleich der Aussagen verschiedener Labs mit der Literatur und der Vergleich mit eigener Erfahrung als Lehrende in den Labs der FH St. Pölten und dem Computational Empowerment Lab der Universität Wien.

3. Ergebnisse

Insgesamt wurden aus den mit neun Hochschulen abgehaltenen Interviews 457 Textpassagen in Form von einzelnen oder zusammenhängenden Sätzen ausgewählt und wie bereits beschrieben im Analyseprozess den einzelnen Komponenten eines didaktischen Szenarios zugeordnet, wobei es ebenfalls zu Mehrfachzuordnungen kam. Beispielsweise lässt sich eine schlichte abgehaltene Laborführung bereits als eine Art der Betreuung, aber auch als Art der Vermittlung bezeichnen. So kam es, dass in der Auswertung aufgrund der doppelten oder mehrfachen Zuordnung der Textpassagen eine Ausgangsbasis von 96 Aussagen zur Zielgruppe, 81 zu Lehr-Lernzielen, 231 zur Vermittlung und 119 zur Aktivierung sowie 89 zur Betreuung und lediglich 24 Aussagen zur Kategorie Prüfungsformate erreicht wurde. Inhaltlich zeigte sich, dass alle untersuchten Räume (Labs) an die tatsächliche thematische Ausrichtung der Hochschule sowie an einzelne Studiengänge und deren Studierende angepasst sind. So gibt es etwa einen Raum, der eher in Richtung professionelle Industrietechnik für technische Studiengänge ausgerichtet ist, wie auch Räume, in denen es verstärkt um Medientechnik wie Kamera, Tablet und Medienbearbeitungssoftware geht. Zudem bestehen Räume, wo tatsächliches handwerkliches Arbeiten bzw. Arbeiten in Unterstützung von Maschinen wie Standbohrmaschinen im Vordergrund steht. Die Zielgruppe der Studierenden einer Hochschule stellt jeweils den grössten Teil der anwendenden Personen dar. Je nach Ausrichtung waren dies Lehrende und Lernende aus den Bereichen von Industrie- und Automatisierungstechnik über Elektronik und Maschinenbau bis hin zu Pädagogik bzw. Lehramtsstudierende. Für weitere Zielgruppen werden nur vereinzelt in Form von Rundgängen und kurzen Workshops für Schulen bzw. auch als Weiterbildung für Lehrpersonal Angebote abgehalten. Dabei gaben fünf Hochschulen an, von keinen über eine bis hin zu drei Aktivitäten pro Jahr in deren Labs durchzuführen. Hier lässt sich aber auch unterscheiden, dass Labs mit Schwerpunkt im Bereich Lehramtsausbildung wesentlich mehr Angebote dieser Art anbieten und durchführen. Obwohl die inhaltliche wie auch die technische Ausrichtung der untersuchten Räume Varianten zeigen, ähnelt sich doch die Gestaltung der abgehaltenen Lehr-Lernszenarien. Wie bereits im Kapitel 1.1 dargestellt, gaben hier alle in die Befragung einbezogenen Hochschulen an,

dass zumindest Lehr-Lernziele, welche z. B. der Taxonomie nach Krathwohl, Bloom und Masia (1978) im Bereich «Erinnern» und «Verstehen» einzuordnen sind, für die Szenarien definiert wurden. Erste Grundkompetenzen sollen hierbei zu aktuellen Technologien und deren Einsatz- bzw. Anwendungsgebieten vermittelt werden. Dabei sollen etwa Mitarbeiter:innen von Unternehmen erkennen, wo die Technologien in den eigenen Geschäftsfeldern eingesetzt werden können oder Lehrpersonal in der Anwendung von Technologien für deren eigenen Unterricht trainiert werden muss. Die Räume werden dabei von den befragten Hochschulen hauptsächlich für die praktische Anwendung der Technologien eingesetzt. Zusammengefasst werden Begriffe wie «Ausprobieren», «praktische Erfahrung», «Demo», «Erproben» oder auch «hands on» von allen Hochschulen genannt, wobei auch «Spielen» oder «spielerisch» in diesem Zusammenhang genannt wurde. Die genannten Begriffe beziehen sich zunächst auf die Komponente der Aktivierung im didaktischen Szenario. Eine deskriptive Auswertung (zweite Analysestufe) zeigte jedoch, dass 65 Aussagen (54 %) zur Aktivierung auch als Element der Komponente der Vermittlung verstanden wurden. Zudem zeigte eine weitere Auswertung auch, dass 61 Aussagen (68 %) zur Komponente Betreuung während der Analysephase ebenfalls in der Komponente Vermittlung erfasst wurden. Die Abgrenzung dieser drei Komponenten ist somit nach dieser Auswertung als übergreifend zu verstehen. Dies ist dadurch erklärbar, dass Lehr-Lerninstallationen (z. B. eine Roboterstation, Abbildung 2) sowohl inhaltlich von Lehrenden im Vortrag als auch von Studierenden zum Ausprobieren genutzt werden können, das wiederum von Lehrenden betreut wird.



Abb. 2: Lehr-Lernstation zum Thema Robotik.

Als Herausforderung für Labor-Lehrende und laborverantwortliche Personen (Lab-Expert:innen) wurde die Covid-19-Situation und deren Auswirkung von fünf Hochschulen im Sinne einer Nichtbetretbarkeit oder einer eingeschränkten Nutzung angegeben. Alternative Lehrangebote gab es damals kaum und die Umstellung von

Präsenz zur vollständigen Distanz-Laborlehre passierte z. B. – wie von Gabriel und Pecher (2021) beschrieben – in Form einer kurzfristigen nichtplanmässigen Umstellung. Diese Umstellung hatte zur Folge, dass an den Hochschulen nun auch verstärkt in der Laborlehre zumindest erste Überlegungen zur Gestaltung von online durchführbaren didaktischen Szenarien stattfanden. Eine weitere Herausforderung, die auch die Gestaltung neuer Online-Szenarien sowie allgemein die Abhaltung von Präsenzlehre den Räumen für weitere Zielgruppen betrifft, stellt der aufwendige Prozess zur Erstellung neuer Szenarien dar. Dazu gaben sechs Hochschulen an, dass aufgrund von Zeitmangel – z. B. «[...] wenn wir mal Zeit haben dazu [...]» – die Ausarbeitung neuer didaktischer Szenarien bzw. Angebote für weitere Zielgruppen wenig forciert wird.

In den folgenden Unterkapiteln werden diese deskriptiv beschriebenen Ergebnisse nun in Form einer Gliederung in die bereits beschriebenen Kategorien Zielgruppe, Lehr-Lernziele, Vermittlung, Aktivierung, Betreuung und Prüfungsformate dargestellt. Damit soll ein detaillierterer Einblick sowohl in die Ergebnisse der qualitativen Analyse der Aussagen gegeben als auch von den Autoren daraus abgeleitete Kernaussagen definiert werden. Die Aussagen werden dabei als Zitate der Hochschulen mit der Kennzeichnung A, B, C, D, E, F, G, H und I inkl. der zugehörigen Kennzahl der Textpassage eingefügt. Abschliessend enthält das Kapitel ein Beispielszenario für den Bereich 3D-Druck, das die praktische Anwendung der Empfehlungen präsentieren soll.

3.1 Zielgruppe

Wie bereits beschrieben, stellen aufgrund der an Hochschulen angesiedelten Räume die eigenen Studierenden die hauptsächliche Zielgruppe der nutzenden Personen dar. Dies gaben alle neun befragten Labs an. Unterschiede zeigen sich dann aber in der Nutzung der Labore für externe bzw. weitere Zielgruppen. Hier gibt es eine Bandbreite von Angaben wie Familien, Kinder, Schulklassen und Lehrpersonal aller Schulstufen bis hin zu kleinen, mittleren aber auch Grossunternehmen und sogar Vereinen, darunter ein Seniorenverein. Ein Blick auf die Zielgruppen zeigt, dass Angebote für Unternehmen sowie Schulklassen der Sekundarstufen verstärkt angeboten werden. So gaben sechs Hochschulen an, dass diese bereits erste Angebote für Schulklassen und Lehrpersonal anbieten.

Hier kamen Aussagen wie «[...] wenn wir mal Zeit haben dazu, dass wir für die Schulen Führungen machen [...]» oder auch «[...] bei Schulen [...] ist es leider etwas schwierig [...]» (Hochschule B, 142, 161) und «[...] gar nicht im Moment [...] wir haben wie gesagt, diese kleine Kooperation [...] mit ein paar ausgesuchten Schulen» (Hochschule E, 31) und «[...] es waren auch schon Schülergruppen da [...]» (Hochschule D, 62).

Für Unternehmen zeigt die Analyse, dass hier im Bereich der technisch ausgerichteten Labore bzw. Räume Angebote stattfinden. Zum Beispiel stellen Hochschulen für Unternehmen Lehrangebote in den Bereichen Produktion und Automatisierungstechnik, Elektronik und Maschinenbau bereit. Hingegen ist aus den Analysen nicht ersichtlich, ob Hochschulen im Bereich Lehramtsausbildung überhaupt derartige Wissenstransferaktivitäten für Unternehmen anbieten, diese wurden als Zielgruppe nicht genannt.

Zusammengefasst kommen die Autoren dieser Studie zur Erkenntnis, dass die Zielgruppen neben den eigenen Studierenden zwar breit aufgestellt sind, es allerdings aufgrund zu hoher Arbeitsauslastung von Laborexpert:innen und Lehrenden nur zu wenigen Aktivitäten bzw. geringer Nutzung der Räume zugunsten von Schüler:innen, Lehrpersonal oder Unternehmen kommt. Die Motivation scheint auch nicht vorhanden zu sein, um derartige Angebote weiter zu forcieren oder auszubauen. Es besteht zudem eine Barriere in der Kommunikation zwischen Hochschulen und weiteren externen Zielgruppen. Wie bereits Braun, Kayali und Moser (2023) beschreiben, bestehen bei KMUs in Niederösterreich nur wenig Kenntnisse zur Existenz dieser Labs oder zu den dort angebotenen Aktivitäten. Diese Kommunikationsbarriere könnte auch gegenüber anderen Zielgruppen bestehen. Die Empfehlung der Autoren lautet daher vorerst, die Kommunikation zu Schulen, Unternehmen und weiteren als wichtig erachteten Zielgruppen auf dem direkten Weg zu intensivieren, z. B. durch eine direkte Einladung für einen Workshop am Vormittag oder ähnliches. Werden diese Angebote lediglich auf einer allgemeinen Informationsplattform dargestellt, besteht hier bereits in diesem frühen Stadium die Barriere, dass Angebote dieser Plattform nicht wahrgenommen werden. Die Planung der Workshops, Führungen etc. soll erst dann gestartet werden, wenn die Anfragen zu Lehr-Lernaktivitäten vorliegen; die Laborbeauftragten und Lehrenden sind daher bis zu diesem Zeitpunkt nicht mit den weiteren Zielgruppen beschäftigt. Die Lehrangebote für weitere Zielgruppen beschränken sich aber nicht nur auf die an technischen Hochschulen angesiedelten Räume, sondern könnten ebenfalls von Hochschulen mit Schwerpunkt Lehramtsausbildung für Unternehmen ausgehen. Die technische Ausstattung – Kamera, Audio-Videoaufzeichnung, Apps und Tablets etc. – ist dabei vergleichbar. Etwa kann ein kleines Unternehmen davon profitieren, erste praktische Kompetenzen im Bereich der Videoproduktion zu erlernen – etwa für den Social Media-Auftritt.

3.2 Lehr-Lernziele

Die mit dieser Untersuchung identifizierten Lehr-Lernziele, die im Vorfeld bzw. in der Gestaltungsphase einer Lehrveranstaltung oder eines Lernangebots beachtet und nach dem Abschluss bzw. der Durchführung nachhaltig erreicht werden sollten,

lassen sich im Bereich dieser in diesem Artikel beschriebenen Labore bzw. Lehr-Lernräume anhand der bereits beschriebenen Taxonomie in die Stufen Wissen/ Kenntnisse (Stufe 1), Verständnis (Stufe 2) und Anwendung (Stufe 3) einteilen.

Mit Aussagen wie «[...] wissen, wofür so eine Technik momentan einsetzbar ist [...]» (Hochschule E, 42), «[...] Kennen aktuelle Technologien aus Forschung Projekten und Industrie [...]» (Hochschule D, 64) und «[...] was geht und was ist technisch machbar? Wo sind die Einschränkungen? [...]» oder auch «[...] Erfahrung sammeln. Also Theorie und Praxis. Zum Beispiel im Umgang mit Brillen oder 3D-Drucker und anderen Maschinen. [...]» (Hochschule C, 99, 100) und «[...] es geht immer darum, an Artefakten, an digitalen Artefakten diese komplexe Welt begreifbar zu machen. [...]» (Hochschule H, 401, 426).

Dabei soll mit der Stufe 1, Wissen z. B. zur Existenz der Technologien vermittelt werden, mit der Stufe 2 das Verständnis der Lernenden hinsichtlich Einsatzgebiet und Nutzen von Technologien aufgebaut und zudem mit praktischen Übungen erste Erfahrungen im Umgang mit der Technologie gemacht werden. Die Analyse zeigt, dass die Lehr-Lernziele wenige auf die Zielgruppe abgestimmte Eigenschaften aufweisen. So gibt es etwa für Studierende der Automatisierungstechnik ebenso das Lehr-Lernziel zur Erlangung von Grundlagen im Bereich 3D-Druck und Lasercutter wie auch für Studierende in der Lehramtsausbildung oder auch bei Unternehmen, die diese Technologie für sich entdecken möchten. Alle befragten Hochschulen gaben an, dass bedingt durch die Covid-19-Situation beobachtet wurde, dass Lehr-Lernziele nicht oder nur teilweise erreicht werden können, wenn der Raum im Zutritt beschränkt ist. Jedoch gab es keine Aussagen darüber, dass Lehr-Lernziele aufgrund dieser aussergewöhnlichen Situation angepasst wurden.

Zusammengefasst interpretieren die Autoren die Ergebnisse dieser Exploration so, dass die untersuchten Räume jenen wie z. B. von Assaf et al. (2019) beschriebenen Anwendungszwecken für ein effektives Lernen – im Sinne von zusehen, selbst ausprobieren und selber machen – bereits entsprechen. Wie in 3.1 erwähnt, werden die didaktischen Szenarien hauptsächlich für die eigenen Studierenden durchgeführt, wobei die Autoren die Empfehlung abgeben, dass diese ebenfalls mit geringfügigen Adaptierungen weitere Zielgruppen – z. B. das Kennenlernen eines 3D-Druckers – ermöglichen könnten. Ebenfalls soll das Angebot bzw. sollen die Szenarien im Bereich Online- oder Distanzlaborlehre effektiver als auch effizienter gestaltet werden. Lehr-Lernziele sollten neu definiert oder adaptiert bzw. im Vorfeld dazu Überlegungen angestellt werden, wie sich die Ziele ändern oder welches Potenzial und welche Herausforderung eine Distanzlehre birgt. Beispielsweise können mit im Internet asynchron abrufbaren Lernmaterialien auch Kompetenzen im Bereich von Medien und Kommunikation dezentral und ortsunabhängig angeeignet werden.

3.3 Komponente Vermittlung

Die am Anfang des Ergebnisteils aufgezeigte Überschneidung von Aktivierung und Betreuung deutet an, dass die Komponententrennung schwierig war, aber dennoch Abgrenzungen möglich und sinnvoll sind. Aussagen wie «soll ja sich auch keiner genieren, dass er das nicht kennt» (Hochschule D, 71) oder «einfach die Lust drauf machen zu experimentieren» (Hochschule I, 446) und «Ein Erlebnis, das ihn idealerweise neugierig macht» (Hochschule E, 48) zeigen die Schwierigkeit in der Trennung von Aktivierung und Vermittlung. Viele Nennungen gab es zu (interaktiven) teils online, teils hybrid, teils offline angebotenen Settings. Eine wesentliche Rolle spielen ausserdem die Gestaltung von Sprache und Raum sowie der Umgang mit Gefühlen und Wahrnehmungen. Allgemeine Herausforderungen werden darin gesehen, die «Digitalisierung sichtbar zu machen» (Hochschule D, 65). «Viele Dinge sind nicht so einfach digitalisier- oder virtualisierbar» (Hochschule C, 113). Online- und Hybridformate erschweren die «haptische» und «sensorische» Wahrnehmung und «wenig funktioniert hat der ganze soziale Kontakt» (Hochschule G, 273). In Gruppen ist es herausfordernd, «dass jeder etwas macht» (Hochschule B, 137). Virtual Reality ist als Technologie nicht für alle zugänglich, ohne Übelkeit und Schwindel in Kauf zu nehmen. Besonders für länger andauernde Lehr- bzw. Lerneinheiten sind VR-Umgebungen aktuell ungeeignet. Eine grosse Herausforderung und gleichzeitig ein grosses Potenzial wird von mehreren Interviewpartner:innen in der sprachlichen Gestaltung gesehen. Aussagen wie «Es wird auf Verständlichkeit geprüft» (Hochschule D, 80), «Texte, die dem, der sie geschrieben hat, sehr klar sind, dann doch nicht klar oder missverständlich sind» (Hochschule F, 198), «man muss echt aufpassen, wie man tut und wie man formuliert» (Hochschule F, 199) heben das Potenzial der Sprache heraus, spezifische Zielgruppen leichter zu erreichen. Nachfolgend werden die Codes «Vermittlungs-Konzepte», «Technologien zur Vermittlung», «Zusammenarbeit», «Raum» und «spielerische Ansätze» ausgeführt. Diese Darstellung wurde für diese Komponente gewählt, da sie mit 231 Zuordnungen die meisten Textstellen umfasste.

Unter dem Code «Vermittlungs-Konzepte» wurden folgende Begriffe genannt: «Flipped Classroom», «learning by doing», «problem based learning», «Coaching», «one-to-one teaching», «Gruppenarbeit», «phänomenorientiertes Lernen», «Dachstuhl-Dreieck» und «challenge based learning».

Zu den eingesetzten Technologien zählen: «verschiedene Arten von Brillen und Handheld-Devices um für Industrie, aber auch für Studierende entsprechende Erfahrungen zu sammeln» (Hochschule C, 100), «Pocketlabs, wo wir die Hardware verleihen» (Hochschule F, 207), «Roboter, die vor allem dazu dienen, logisches Denken und Problemlösung zu fördern» (Hochschule H, 394), «eine digitale Miniatur Fabrik» (Hochschule C, 98), aber auch interaktive Whiteboards, Smartboards, Tablets, Laptops, Lego und viel Medientechnik (Kameras, Mikrofone, Greenscreens, Schnitt, ...).

Wo digitale Medien sinnvoll sind, werden Online-Videos oder auch 3D-Modelle (z. B. von menschlichen Organen) in AR/VR angeboten. In Online-Lehr-Lernformaten kommen Plattformen wie Moodle, GatherTown und Spatial.io zum Einsatz sowie verschiedene Kollaborations- und Quiz-Tools (teils Eigenentwicklungen). Virtuelle Demonstratoren, eine virtuelle Fabrik und ein Remote Labor sind als «aufwendige» Technologien zur Vermittlung bezeichnet worden.

Unter dem Code «Zusammenarbeit» wurden folgende Formen genannt: Studierende arbeiten in Selbstlernkursen, in Kursen mit Interaktionen, oder in Gruppen. Gruppenarbeiten werden sowohl online als auch offline durchgeführt, jedoch kann der «motivierende Faktor, wenn sie sich zu zweit austauschen» (Hochschule F, 210), verloren gehen.

Die Trennung und Gestaltung der Räume ist ein wesentlicher Faktor für die Vermittlung: «Der Raum ist so gestaltet, dass er als Lernraum immer wieder adaptiert werden kann», enthält «Tischelemente, mobile Dinge, die man immer wieder neu zusammenstellen kann», er ist «flexibel gestaltet von der Ausstattung» (Hochschule F, 376). Der Raum wird «als vierter Pädagoge» verstanden, als Ort, an dem «Lernende und Studierende hingehen, wenn sie sich für Methoden und Tools interessieren», ist aber gleichzeitig auch ein symbolischer Ort: «Wir brauchen einen Ort, wo wir die Digitalisierung verorten» (Hochschule I, 451, 437).

Im Bereich «spielerische Ansätze» wurde trotz des Grundkonsenses, dass «wenn es ein bisschen in das Spielerische geht, dass sich da dann auch was tut» (Hochschule F, 225), kritisiert, dass es «gerade für den hochschulischen Bereich relativ wenige gute Games» gibt und dass «dieses kooperative Spielen» vielfach fehle (Hochschule I, 473, 474). Ein Skill-Quiz, das von mehreren Lehrenden gleichzeitig und für unterschiedliche Inhalte genutzt werden kann, wird als Ausnahme genannt (Hochschule A, 194).

Zusammenfassend interpretieren die Autoren die Aussagen so, dass praktisches Üben und Ausprobieren in Labs die Hauptvermittlungsstrategien darstellen und Online-Formate als Vorbereitung oder Ersatz genutzt werden. Zielgruppenorientierte Vermittlung beginnt bereits bei der Sprache bzw. bei der Formulierung sowie der Kontextualisierung der Inhalte. Sie setzt sich in der Auswahl der Technologien fort und ihre Zugänglichkeit kann durch Hürden oder Barrieren erschwert werden.

3.4 Komponente Aktivierung

Bei dieser Komponente wurde, wie in der Einleitung der Resultate beschrieben, eine statistische Überschneidung zur Komponente Vermittlung ersichtlich. Neben den ähnlich zur Vermittlung genannten Konzepten «Flipped Classroom» und «Peer-Engineering» überschneiden sich hierbei ebenfalls die Sichtweisen, dass Labs Räume sind, die zum Ausprobieren und Experimentieren einladen und in diesem Setting

mit spielerischen Ansätzen aktiviert und vermittelt werden kann. Die Studierenden lösen die gestellten Probleme «mit den Werkzeugen, die man im Labor zur Verfügung hat». Durch den «problem-based-learning Ansatz, den man typischerweise im Labor hat» (Hochschule C, 106), können Verknüpfungen zur «Lebenswelt» hergestellt werden. Genannt wurde etwa, dass die Problemstellung selbst entwickelt wird, also «die Studierenden dann selbst Augmented Reality Erfahrungen erstellen» (Hochschule E, 50). Der Bezug zur Lebenswelt kann auch sprachlich durch «Aktivierung in Form eines Diskurses» oder über «Anekdoten zu unserem täglichen Leben» hergestellt werden. Das Erstellen didaktischer Szenarien, die bis hin zur Erstellung der eigenen Problemstellung zum eigenständigen Arbeiten einladen, wird als «aufwendig» beschrieben, etwa «dass sie selber was machen können, da braucht man aber didaktisch auch was» (Hochschule C, 163). Zudem «muss aber sehr viel Erfahrungswissen da sein» (Hochschule E, 29). Weiters wird mit Aussagen wie «Bewegung und Sport. Und dann rausgehen und im Park Filmaufnahmen machen, das dann analysieren» (Hochschule G, 283), Bewegung als aktivierend genannt. Auch das mobile Arbeiten, also Arbeiten an Orten, die die Studierenden für sich wählen, wird als aktivierend angegeben: «diese Pocketlabs, wo wir die Hardware verleihen, kommt sehr gut» (Hochschule F, 207). Schliesslich werden noch das Arbeiten in Gruppen und narrative Zugänge (z. B. «Erzählteppiche mit Cubetto») als aktivierend angegeben (Hochschule H, 364). Einen eigenen Anteil in der Komponente Aktivierung nehmen spielerische Ansätze ein, die mit «einfach mit Motivation in der Materie einzusteigen und den Ehrgeiz anzufachen» (Hochschule A, 192) als Möglichkeit gesehen werden. Mit Aussagen wie «speziell in der Grundlagen-Ausbildung, um einen zusätzlichen Push und Motivation für das Thema zu geben» (Hochschule C, 123) wird ebenfalls Potenzial erkannt. Hier findet sich auch das selbstständige Arbeiten und das Verknüpfen mit der Lebenswelt der Lernenden wieder, «wenn die Schüler zum Beispiel ihre Spiele selber programmieren, mit Scratch, und das dann anderen präsentieren und die das testen und überprüfen müssen und in der Cricital-Friends-Gruppe machen und dann wieder Rückmeldung geben. Und dass sie dabei auch lernen, wertschätzende Kommentare abzugeben» (Hochschule G, 272). Allerdings kann dieser Ansatz auch frustrieren, beispielsweise wenn die Lernenden «zu schnell anfangen mit der eigenen Spielidee, dann sind sie frustriert in der Umsetzung, weil sie natürlich ganz andere Spiele gewohnt sind» (Hochschule H, 369).

Labs bieten sich dafür an, virtuelle oder physische Produkte zu erstellen, die von den Lehrenden in problembasierte Lernszenarien oder in praktisch orientierte Problemstellungen eingebettet werden können. Die Lernenden können durch kreative, mit dem Raum, der Umgebung, ihrer eigenen Lebenswelt oder der Praxis der Lehrenden verknüpften Aufgabenstellungen vielfältig aktiviert oder angeregt werden. Ebenfalls tragen spielerische Ansätze oder auch Einladungen dazu bei, Beiträge zu gesellschaftlich relevanten Diskursen zu leisten (Beispiel «Inklusion»). Sprache und

Verständlichkeit der zur Verfügung gestellten Materialien spielen eine wesentliche Rolle für den Erfolg im Bereich Aktivierung. Daher empfehlen die Autoren, die Materialien mit einer diversen inhomogenen Gruppe an Lernenden, durchaus auch aus unterschiedlichen Zielgruppen abzustimmen. Schliesslich empfehlen die Autoren, die zu erwartenden Aufwände und (virtuellen) Orte, an welchen Lernaktivitäten angeboten werden, transparent und in einer an die Zielgruppe(n) angepasste Sprache und Formulierung zu kommunizieren.

3.5 Komponente Betreuung

Wie schon bei der Komponente Vermittlung beschrieben, gibt es eine starke Überschneidung zur Komponente Betreuung. Aussagen wie «unser Aspekt war einfach immer dieses Gezielte, dieses eher mehr Coaching, dieses one-to-one teaching» (Hochschule I, 441) zeigen, dass die gelebten Betreuungspraxen auch Vermittlungsanteile haben und umgekehrt. Die inhaltliche Analyse der Angaben ergab, dass die Herausforderungen und Potenziale für Betreuung im Rahmen eines Labs vielschichtig sind. Neben dem one-to-one teaching, wurden für die Betreuung von Labnutzer:innen auch Führungen auf Anfrage, Projekte und das Verleihen von Pocketlabs, ähnlich den von Braun (2021) genannten mobilen Laborkits, angegeben. Zudem war die Betreuung während Covid-19 erschwert. Aufgrund der Schwierigkeit, manche Angebote komplett zu digitalisieren oder virtualisieren, wurde versucht, ausgewählte Anteile der Angebote zu digitalisieren, um so die erforderliche Anwesenheit im Lab so zu minimieren. Die digitalisierte Betreuung, die ursprünglich grösstenteils vor Ort stattfand, war mit viel Aufwand verbunden: Anschliessend «die Runden drehen und erfragen, wo es sozusagen gehakt hat» wurde durch die Distanz erschwert. Vorbesprechungen fanden zwar online statt, denn «die Übung, Ziel der Übung, Inhalte» konnten so «schon einmal erklärt» werden (Hochschule F, 197, 267), aber dies war nicht mit allen Gruppen möglich. Bei «höheren Semestern» konnte mehr Selbstständigkeit vorausgesetzt und die Betreuung anders gestaltet werden:

«Nach einem kurzen Intro im Selbststudium das Tutorial begleitend durchmachen und dann eine eigene AR-Erfahrung erstellen und dann eine Lösung entwickeln. Die präsentieren sie dann am Ende des Labors und kriegen darauf dann die Beurteilung» (Hochschule C, 111).

Online-Plattformen wie *GatherTown* oder *spatial.io* wurden für den sozialen Austausch inklusive Betreuungsaspekte erprobt: «das war lustig, aber hat nicht den sozialen Kontakt vor Ort ersetzt» (Hochschule G, 273). Bei VR wurde angegeben, dass bei manchen Teilnehmenden «nach einer Dreiviertelstunde mit Brille» mit «Übelkeit und Schwindel» zu rechnen war, was die Betreuung in solchen Umgebungen erschwert. Die Funktion von Pausen, die gemeinschaftliche Erfahrungen zwischen den

Lab-Tätigkeiten ermöglichten, wurde in diesem Zusammenhang mehrfach genannt: «Man lernt ja irrsinnig viel auch in diesen Pausen immer wieder. Das ist extrem abgegangen und das ist natürlich schön, wenn es jetzt wieder stattfinden darf» (Hochschule G, 275). Unabhängig von Covid-19, wurden als Alternativen für einen niedrigeren Betreuungsaufwand «sehr strukturierte/geführte Unterlagen mit Lösungen, um auch immer gleich wieder Erfolgserlebnisse» (Hochschule F, 232) hervorzurufen, angegeben. Dennoch wurde die Wichtigkeit «persönliche[r] Betreuung parallel» betont. Ein Potenzial für individuellere Betreuung (im Kontext spielerischer Ansätze) wurde auch in *Learning Analytics* gesehen, «die schon im schulischen Bereich» eingesetzt werden: «Das wäre natürlich toll, wenn es das auch für die Inhalte unseres Studiums geben würde» (Hochschule I, 478). In einer Bildungsinstitution wurde die Betreuung aufgeteilt: «Zwei Kolleginnen, die vor allem sich um den Primarbereich kümmern und zwei Kollegen, die sich vor allem um den Sekundarbereich kümmern» (Hochschule H, 420).

Zusammenfassend schliessen die Autoren daraus, dass die Betreuung vor Ort unmittelbarer und dynamischer, also voraussetzungsfreier erfolgen kann. Während Covid-19 wurde erkannt, dass der soziale Aspekt, der bei den bisherigen Settings «mitgelaufen» ist, in der digitalen Betreuung bewusst gestaltet werden muss und aufgrund der Technologiewahl Einschränkungen für die Betreuung gegeben sind. Die Autoren empfehlen, die Auswahl der Technologie mit den Studierenden auf deren Bedürfnisse abzustimmen.

3.6 Prüfungsformat

Bereits in der Einleitung zu Kapitel 3 wurde beschrieben, dass die Komponenten eines didaktischen Szenarios Überschneidungen aufweisen. In der Analyse der Aussagen zu Prüfungsformaten, die im Zuge einer Lehr-Lernaktivität in den Labs angewendet werden, lässt sich eine Überschneidung zur Komponente Aktivierung erkennen. Von den 24 zugeordneten Aussagen zu den Prüfungsformaten wurden 13 (54%) ebenfalls der Komponente Aktivierung zugeordnet. Die inhaltliche Analyse zeigte dies ebenso mit Aussagen wie «[...] nach einem kurzen Intro im Selbststudium das Tutorial begleitend durchmachen und dann eine Lösung entwickeln, die präsentieren sie dann am Ende des Labors und kriegen darauf dann die Beurteilung.» (Hochschule C, 111), «[...] du gibst ein fertiges Stück dann ab und gibst dann halt dann dein Konzept dazu ab [...]» (Hochschule B, 140) und «[...] das klassische Labor Protokoll zu erstellen [...]» (Hochschule C, 110), «[...] Präsentation von Projekten, Erledigen von kleineren Aufgaben und ähnliches.» (Hochschule G, 334), «[...] Übung nach Aufgabenstellungen, diese selbstständig umsetzen und dokumentieren. Dieses ist die Beurteilungsgrundlage. [...]» (Hochschule F, 248, 249). Die Autoren gehen daher davon aus, dass es im Bereich dieser thematisch ausgerichteten Räume zu

vergleichbaren Prüfungsformaten in Form von Aufgabenstellungen, selbstständiger Lösungskonzeption und Umsetzung sowie der Dokumentation kommt. Darunter kommen auch spielerische Elemente wie ein Quiz inkl. passendem Belohnungssystem vor – z. B. führt eine erfolgreiche Teilnahme an einem Quiz zur Reduzierung der Prüfungsmaterialien. Erwähnt wurde in den Befragungen ebenfalls, dass die Lehrpersonen Prüfungsmaterialien bzw. auch die Aufgabenstellungen von weiteren Lehrpersonen (z. B. «[...] bei Prüfungsunterlagen, gegenlesen lassen, da die Formulierung auch ausschlaggebend ist und zu Erfolg oder Nichterfolg führen kann. [...]» (Hochschule F, 231)) als Pre-Test kontrolliert werden sollten. Zudem wurde in den Analysen erkannt, dass bereits erste Prüfungsformate auch für den Bereich der Distanz-Laborlehre angeboten und von den Lehrenden als positiv angesehen werden: «[...] Prüfungsstile auch in zeit- und ortsunabhängigen Settings. Es zeigen sich bessere Ergebnisse [...], da zuhause dieser Zeitdruck wegfällt und die Studierenden alles entspannt machen können.» (Hochschule A, 171–173). Anzumerken sei hierbei erneut, dass diese Formate lediglich bei Studierenden angewendet werden. Keine der Hochschulen überprüft die vermittelten Inhalte etwa bei Aktivitäten für externe Zielgruppen wie Führungen für Unternehmen, Lehramtsfortbildungen oder Workshops für Schulklassen.

Die Autoren des Artikels empfehlen hier ebenso die Überprüfung in Form von praktisch erarbeiteten Artefakten inkl. einer Dokumentation des Entstehungsprozesses. Wie bereits beschrieben, sollte dabei die Möglichkeit zur Kombination aus Aktivierung und Prüfungsformat angedacht werden. Aufgabenstellungen sollten jedoch zuvor in Form eines Pre-Tests überprüft und iterativ entwickelt werden. Für externe Zielgruppen, die kurze Lehr-Lernangebote besuchen, sollte ebenfalls – auch zur Überprüfung der Effektivität oder Erfolgs des Angebots – eine Art Prüfungsformat eingebunden werden. Hier würde sich z. B. auch eine orts- und zeitunabhängige Überprüfung anbieten. Etwa können Schulklassen noch während der Heimfahrt oder nach dem Workshop einen Online-Fragebogen zum Lehr-Lernangebot ausfüllen.

3.7 Beispiel eines didaktischen Szenarios zum Themenbereich 3D-Druck

Eine in jedem untersuchten Lab anzutreffende Technologie stellt die sogenannte Additive Fertigung dar. Das als 3D-Druck bekannte Thema stellt heutzutage einen wichtigen Teil dieser Räume dar, wobei durch die universell anwendbare Technologie in den Laboren passgenaue Teile für Prototypen, Ersatzteile, mechanische Adapter oder generell Objekte aus der Lehre im Bereich 3D-Modellierung als haptische Artefakte erzeugt werden. Die Autoren möchten in diesem Absatz das Thema als Basis zur Darstellung eines beispielhaften didaktischen Szenarios aufgreifen. Der Fokus liegt darauf, die bereits in den Unterkapiteln 3.1 bis 3.6 vorgestellten Empfehlungen

nun praktisch und für unterschiedliche Zielgruppen anzuwenden. Dabei kann bereits der Titel der Aktivität für mehrere Zielgruppen beibehalten und beispielsweise als «Grundlagen 3D-Druck – Maschinen, Anwendung und Projekte» bezeichnet werden. In den folgenden fünf Punkten werden nun exemplarisch die zu gestaltenden Elemente bzw. Komponenten des Szenarios beschrieben.

1. *Zielgruppe und Lehr-Lernziele:* Das Thema 3D-Druck kann wie erwähnt, heutzutage auf breiter Ebene vermittelt werden. Die Technologie kann – abgesehen vom Einsatz in Hochschulen – bereits in allen Schulstufen sowie auch in Unternehmen aus sehr vielen Branchen eingesetzt werden. Da es sich jedoch noch immer um eine als neuartig bezeichnete Technologie handelt, sollte das Ziel der Aktivität sein, in Form eines Workshops erstes Bewusstsein, praktische Erfahrungen sowie theoretische Grundlagen dazu zu vermitteln. Lehr-Lernziele können daher – wie bereits in 3.2 vorgestellt – in den Bereichen Kennenlernen, Wissen, Verstehen und Können sowie in weiteren Ausprägungen dieser bereits in der Einleitung von Kapitel 3 vorgestellten Taxonomiestufen eingeordnet werden. Die Lernenden verstehen dabei den Begriff additive Fertigung, sie kennen wichtige Bestandteile eines Druckers und Druckmaterialien und wissen, wofür die Technologie praktisch sowohl in der Schule als auch in Unternehmen eingesetzt werden kann.
2. *Vermittlung:* Die Vermittlung der Inhalte kann für dieses Szenario auf sehr unterschiedlichen medialen Formaten erfolgen. Etwa kann bereits in der Vorbereitung zum Workshop ein orts- und zeitunabhängiger, asynchron abrufbarer Lerncontent angeboten werden. Dabei reichen die Optionen je nach Zeit- und Kostenaufwand sowie den für die Zielgruppe verfügbaren Endgeräten, von im Internet zu findenden Fotos, Videos und Literaturen bis hin zu selbst produzierten virtuellen Rundgängen zum Kennenlernen der tatsächlichen Räume und der darin enthaltenen Maschinen oder ähnlichen Formaten. Die Durchführung sollte, um den Raum auch effektiv zu nutzen, in Form einer synchron abgehaltenen Aktivität in Präsenz abgehalten werden. Hierbei können Grundlagen etwa mit kurzen Vorträgen in Kombination mit praktischem Ausprobieren und Zusehen oder Beobachten verknüpft werden. Etwa verschiedene Materialien besichtigen und ausprobieren oder 3D-Zeichnen, aber auch Brainstorming und Diskussionen können dabei eingesetzt werden, um den Lernenden die Inhalte spannend zu vermitteln.
3. *Aktivierung:* Damit sich die Lernenden auch mit dem Thema nachhaltig auseinandersetzen, soll passend zum Thema der neuen digitalen Technologien, auch eine spannende und kreative Aktivierung erfolgen. Aufgabenstellungen wie einen Fragebogen, ein Quiz und Ähnliches bei der Ansicht von multimedialen Online-Content ausfüllen oder Überlegungen zum Einsatz der 3D-Drucktechnik, dazu eine Videoplaylist aus im Internet recherchierten Videos zusammenzustellen, könnten dabei in der Vorbereitungsphase zur Präsenzeinheit definiert werden. Im Präsenzunterricht kann eine Aktivierung etwa durch praktisch orientierte

Aufgabenstellungen erfolgen. Zum Beispiel kann ein Ersatzteil für ein im Labor befindliches Objekt recherchiert oder entworfen werden oder können passende Materialien nach zuvor definierten Anforderungen ausgewählt werden. Dabei ist zu beachten, dass es sich lediglich um ein erstes Kennenlernen der Technologie handelt. Die Ergebnisse, z. B. Modell-Entwürfe, werden daher dementsprechend rudimentär sein. Der Lehr-Lernerfolg wird dadurch aber nicht beeinträchtigt sein.

4. *Betreuung*: Diese Komponente hat ebenfalls zwei unterschiedliche Phasen. In der Vorbereitungsphase kann eine Betreuung in Form eines Gruppenchats, Forums oder ähnlicher asynchroner Kommunikation erfolgen. Infos, Aufgabenstellungen und Materialien können dort verfügbar gemacht und die Kommunikation mit den Lernenden – z. B. Rückfragen – kann beantwortet sowie Unterstützung angeboten werden. Hierzu sollten bekannte Online-Kursmanagementsysteme oder Lernplattformen verwendet werden. Wieder gilt es hier, die Zielgruppe und deren Endgeräte näher zu kennen. In der Vor-Ort-Einheit des Workshops treten die Lehrenden als Vortragende sowie als unterstützende Personen in den praktischen Übungen auf. Eine moderierende Rolle sollte hier ebenfalls eingenommen und jederzeit auf Fragen eingegangen werden. Zudem sollen konstruktive und motivierende Diskussionen zum Thema angeregt werden.
5. *Überprüfung/Prüfungsformat*: Wie bereits in 3.6 angemerkt, sollen auch in Lehr-Lernaktivitäten für externe Zielgruppen Formate zur Überprüfung eingearbeitet sein. Diese Formate kommen einer hochschulischen Prüfungssituation, die in einen grösseren Wissensentwicklungsprozess eingebettet ist, nicht gleich. Dennoch soll ein Element zur Kontrolle der Erreichung der Lehr-Lernziele in das Szenario integriert werden. Für das dargestellte Szenario 3D-Druck kann dies etwa eine weitere Art der Aktivierung sein, z. B. durch die Aufgabenstellung zur Erstellung eines 3D-Modells – z. B. ein Werbeaufsteller für das eigene Unternehmen oder bei Schulklassen die Aufgabe, einen Stiftehalters für das Kinder- oder Jugendzimmer herzustellen. Diese Aufgaben könnten zeit- und ortsunabhängig durchgeführt und dann zum Austausch wieder auf der zu Beginn des Kapitels genannten Online-Lernplattform ausgetauscht bzw. präsentiert werden. Die Lernenden könnten dabei wieder neue Ideen generieren, zur nachhaltigen Beschäftigung mit dem Thema motiviert werden und Lehrende damit eine Erkenntnis zur Erreichung der Lehr-Lernziele erlangen.

Das in den einzelnen Elementen dargestellte und auf Basis der in der Untersuchung der Labs erhaltenen Erkenntnisse erstellte Szenario, soll einen ersten, noch nicht evaluierten Ansatz zur zielgruppenübergreifenden Gestaltung von didaktischen Szenarien zeigen. Ziel dabei war es, ein praxisnahes Beispiel zu beschreiben, welches mit wenig Aufwand von Zeit- und Personalressourcen für mehrere

unterschiedliche Zielgruppen adaptiert und durchgeführt werden kann. Sollen inhaltlich lediglich Grundlagen (z. B. 3D-Druck) vermittelt werden, so könnten dabei die Lehr-Lernziele gleich bleiben. Jedenfalls sollte dabei auf die technische Ausstattung (Endgeräte, Internetzugang etc.) und die bei den Zielgruppen bereits vorhandenen Kompetenzen zur Anwendung von Endgeräten, Apps oder Browsern geachtet werden. Zudem sollte ebenfalls die Story des Workshops an das Umfeld der Zielgruppe (3D-Druck – Vorteile für das Unternehmen, für die Schule, für den eigenen Unterricht etc.) angepasst werden. Der Einsatz von asynchron abrufbaren Materialien soll dabei ebenfalls forciert und damit ein flexibler und selbstbestimmter Zugang zu Lehr-Lernangeboten ermöglicht werden.

4. Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse aus den durchgeführten Interviews zeigen, dass es sich um ein umfangreiches und aktuelles Thema handelt. Obwohl die Hochschulen verdeutlichten, dass das Thema rund um effektiv gestaltete Lehr-Lernräume zukünftig weiterentwickelt werden soll, wird dieses Thema, wie bereits auch in 1.1 als Problemstellung aufgeführt, dennoch nur für die eigenen Studierenden gedacht. Der Fokus auf weitere Zielgruppen, für die ebenfalls Lehr-Lernszenarien angeboten werden könnten, ist aktuell nur schwach ausgeprägt. Die Autoren sehen hier jedoch Potenzial z. B. für weitere Kooperationen mit Unternehmen oder zur Bewerbung der eigenen Studiengänge z. B. bei Besuchen von Schulklassen. Ein Beitrag für die Gesellschaft wird dabei ebenso geleistet. Jedoch wird dazu eine gewisse Grundbereitschaft von Verantwortlichen bzw. Laborbetreibenden Personen nötig sein, um zukünftig die Labore für weitere Zielgruppen zugänglich zu machen. Neben der Gestaltung und Durchführung der didaktischen Szenarien für breitere Zielgruppen ist es dazu ebenfalls erforderlich, die Workshops zu bewerben und auch organisatorische Tätigkeiten (z. B. Kommunikation mit Schulklassen oder Unternehmen, Terminvereinbarungen) zu übernehmen. All dies benötigt jedoch personelle Ressourcen, welche laut den befragten Personen nur begrenzt vorhanden sind. Hinsichtlich didaktischer Szenarien und der Forschungsfrage, wie sich aktuelle Szenarien in den bestehenden Lehr-Lernräumen gestalten, konnten die Autoren mit der Kategorisierung der analysierten Daten in Kapitel 3 eine Antwort geben. Neben der genannten Haupt-Zielgruppe der Studierenden werden Lehr-Lernziele wie bereits in der Einleitung vorgestellt, im Bereich des Kennenlernens und Anwendens aktueller Technologien definiert, z. B. für 3D-Druck oder Laserschneidemaschinen. Auch wenn die Covid-Situation gezeigt hat, dass die Vermittlung der Inhalte und Betreuung der Teilnehmenden in Form einer Distanz-Laborlehre noch mit grossen Einschränkungen verbunden ist, zeigen die Hochschulen dennoch Interesse am Ausbau dieser Form, etwa im Einsatz von online abrufbaren Lernmaterialien. Die Aktivierung der Lernenden erfolgt durch

das praktische Ausprobieren in Form von definierten Aufgaben, welche im betreuten Präsenzunterricht an die Lernenden gestellt werden. Für die Lernenden ist es ebenfalls möglich, die Räume für Projekt- oder Abschlussarbeiten zu verwenden, was aus Sicht der Autoren wiederum ein Element der Aktivierung darstellt. Das Prüfungsformat stellt in der Laborlehre für Studierende häufig eine Art Protokoll oder Dokumentation und Ergebnispräsentation dar, wobei auch spielerische Ansätze wie ein Quiz inkl. Belohnungen oder Ähnliches zeigen, dass hier eine grosse Variantenvielfalt in der Beurteilung besteht. Einig waren sich hingegen die befragten Hochschulen, dass bei Szenarien für weitere Zielgruppen, welche zumeist nur kurz oder einmalig z. B. einen Workshop besuchen, ein Prüfungsformat nicht notwendig sei. Abschliessend betrachten die Autoren die Ergebnisse dieser Studie als Ausgangspunkt für weitere Detailuntersuchungen ein. Da sich die analysierten Daten geografisch auf Wien und Niederösterreich beschränken, vermitteln diese innerhalb dieser Regionen eine für den Hochschulsektor repräsentative aktuelle Basis zur Situation in derartigen Lehr-Lernräumen. Die für Studierende abgehaltenen Szenarien, welche zumindest im Bereich des «Kennenlernens und Anwendens» bzw. «Ausprobieren und erste Erfahrungen sammeln» eingeordnet werden können, könnten auch für Zielgruppen wie Unternehmen und Schulklassen oder auch Lehrpersonal angeboten werden. Die Herausforderungen seien dabei eher in der Vermarktung und Organisation erkennbar. Um zu verdeutlichen, wie ein Szenario für unterschiedliche Zielgruppen in den Laboren sich gestalten könnte, wurde bereits in 3.7 von den Autoren ein praktisches Beispiel dargelegt.

4.1 Limitation

Die vorgestellte Methodologie ist durch mehrere Faktoren begrenzt. *Erstens* wurden, besonders aufgrund von Forschungsressourcen, nicht alle Labore in Wien und Niederösterreich besucht. *Zweitens* war es methodisch schwierig, Nachfragen zu stellen, die über einen Begriffsklärungsanspruch hinausgehen oder Detailfragen, die eine tiefergehende Beantwortung der Forschungsfrage ermöglicht hätten. Dies steht dem explorativen Charakter dieser Studie gegenüber. *Drittens* war es schwierig, Erkenntnisse zu didaktischen Konzepten für die Zielgruppe der Lehramtsstudierenden zu erlangen, da diese nicht zur Kernzielgruppe der Labore gehören. Technisch sind alle inkludierten Labore in den Bereichen Making oder Medientechnik gut ausgestattet, moderne Ansätze wie Stricken, Smart Textiles, Smart Ink, oder Digital Game Based Learning sind nicht oder nur ansatzweise vertreten, was eine Limitation in der Breite der Ergebnisse nach sich zieht. Die Trennschärfe der Szenario-Komponenten nach Reinmann stellt als solche keine Limitation dar, da sie Teil des dichotomischen Verständnisses der Komponenten ist und somit kategorisierende

Systematiken Überschneidungen erzeugen müssen. Schliesslich besteht bei qualitativen Inhaltsanalysen auch die Möglichkeit der Verzerrung der Ergebnisse, etwa durch Interpretationsspielräume oder unbewusste persönliche Befangenheit.

4.2 Ausblick

Im vorliegenden Artikel wird eine umfangreiche, auf qualitativen Analysemethoden basierende Interviewstudie ausgehend von einer breiten Forschungsfrage im Bereich didaktischer Gestaltung für Lehr-Lernräume, die für Making- und Prototyping optimiert wurden, präsentiert. Die Ergebnisse deuten an, dass Labs aufgrund ihrer Ausstattung und mit den während Covid-19 gemachten Erfahrungen für diversere Zielgruppen geöffnet und von diesen genutzt werden könnten. Die Potenziale und Herausforderungen, die dabei in den Komponenten Aktivierung, Vermittlung und Betreuung sowie in den Bereichen Lehr-Lernziele und Prüfungsformate entstehen, wurden im vorliegenden Artikel beschrieben. Als Anknüpfungspunkte an diese Arbeit bieten sich die Berücksichtigung weiterer, über den Hochschulbereich hinausgehenden Bildungsinstitutionen, sowie eine breitere regionale Anwendung der Studienmethodologie, aber auch eine Vertiefung in den untersuchten Teilbereichen sowie kritische Zielgruppenanalysen an.

Literatur

- Assaf, Dorit, Josef Buchner, und Andreas Jud. 2019. «Evaluating a Makerspace Visiting Program for Schools at a University of Teacher Education». In *Proceedings of the FabLearn Europe 2019 Conference*, 1–3. Oulu Finland: ACM. <https://doi.org/10.1145/3335055.3335057>.
- Blikstein, Paulo, Sylvia Libow Martinez, Heather Allen Pang, und Kevin Jarrett FabLearn Fellows Initiative. 2019. *Meaningful Making 2: Projects and Inspirations for Fab Labs & Makerspaces*.
- Bockermann, Iris, Jan Borchers, Anke Brocker, Marcel Lahaye, Antje Moebus, Stefan Neudecker, Oliver Stickel, et al. 2021. *Handbuch Fab Labs: Einrichtung, Finanzierung, Betrieb, Forschung & Lehre*. Bonn: bombini.
- Bohne, Rene. 2013. «Machines for Personal Fabrication». In *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching, 163–72. Cultural and Media Studies. Bielefeld: transcript.
- Braun, Christoph. 2021. «Projekt Lab4home Praxisbeispiele zur Gestaltung von Distanz-Laborlehre». In *Bildung in der digitalen Transformation*, herausgegeben von Heinz-Werner Wollersheim, Marios Karapanos, und Norbert Pengel, 155–60. Medien in der Wissenschaft. Leipzig: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830994565>.

- Braun, Christoph, Fares Kayali, und Thomas Moser. 2022. «Einsatz von virtuellen Rundgängen in der Distanz-Laborlehre: Praxisbeispiele aus dem Projekt Lab4home». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 196–219. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.10.X>.
- Braun, Christoph, Fares Kayali, und Thomas Moser. 2023. «Ein virtueller Laborrundgang – Gestaltung, Entwicklung und Evaluierung: Praxisbeispiel aus dem Projekt DigiLabTour Ost». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR - Part 2): 246–67. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.20.X>.
- Buxton, Alison, Louise Kay, und Beth Nutbrown. 2022. «Developing a Makerspace Learning and Assessment Framework». In *6th FabLearn Europe / MakeEd Conference 2022*, 1–7. Copenhagen, Denmark: ACM. <https://doi.org/10.1145/3535227.3535232>.
- Dittert, Nadine, und Dennis Krannich. 2013. «Digital Fabrication in Educational Contexts. Ideas for a constructionist workshop setting.» In *FabLab: of machines, makers and inventors*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching, 173–80. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839423820.173>.
- Gabriel, Sonja, und Helmut Pecher. 2021. «Soziale Präsenz in Zeiten von CoViD-19 Distanz-Lehre». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 40 (CoViD-19): 206–28. <https://doi.org/10.21240/mpaed/40/2021.11.17.X>.
- Gerlich, Wolfgang. 2014. «Lehrräume effektiv gestalten». In *Neue Technologien – Kollaboration – Personalisierung*, herausgegeben von Johann Haag, Josef Weissenböck, Wolfgang Gruber, und Christian F Freisleben-Teutscher, 78–84. Tag der Lehre an der FH St. Pölten. Leobersdorf: druck.at. http://skill.fhstp.ac.at/wp-content/uploads/2014/06/Tagungsband_TagderLehre_Online_2015-31.pdf.
- Gläser, Jochen, und Grit Laudel. 2010. *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. 4. Auflage. Lehrbuch. Wiesbaden: VS.
- Hasanbegovic, Jasmina. 2004. «Kategorisierungen als Ausgangspunkt der Gestaltung innovativer E-Learning-Szenarien». In *E-Learning in Hochschulen und Bildungszentren*, herausgegeben von Dieter Euler und Sabine Seufert. Berlin, Boston: de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783486593754.243>.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut, Uwe Kubach, Rainer Stark, Georg von Wichert, Simone Hornung, Lisa Hubrecht, Joachim Sedlmeir, und Steffen Steglich. 2019. «Themenfelder von Industrie 4.0 – Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0». München: Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0.
- Kaar, Claudia, und Christian Sary. 2019. «Structuring Academic Education in Makerspaces: Consolidated Findings from the Field». In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 920–27. Dubai, United Arab Emirates: IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725080>.
- Krathwohl, David R., Benjamin Samuel Bloom, und Bertram B. Masia. 1978. *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich*. 2. Aufl. Weinheim Basel: Beltz.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Auflage. Grundlagentexte Methoden. Weinheim Basel: Beltz Juventa.

- Landwehr Sydow, Sophie, Anna Åkerfeldt, und Per Falk. 2021. «Becoming a Maker Pedagogue: Exploring Practices of Making and Developing a Maker Mindset for Preschools». In *FabLearn Europe / MakeEd 2021 – An International Conference on Computing, Design and Making in Education*, 1–10. St. Gallen Switzerland: ACM. <https://doi.org/10.1145/3466725.3466756>.
- Mayer, Richard E. 2005. «Cognitive Theory of Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 31–48. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>.
- Reinmann, Gabi. 2015. «Studientext Didaktisches Design». https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/07/Studientext_DD_Sept2015.pdf.
- Schnotz, Wolfgang. 2005. «An Integrated Model of Text and Picture Comprehension». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 49–70. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.005>.
- Schulmeister, Rolf. 2006. *eLearning: Einsichten und Aussichten*. München: Oldenbourg Verlag.
- Stickel, Oliver, Melanie Stilz, Anke Broucker, Jan Borchers, und Volkmar Pipek. 2019. «Fab:UNiverse – Makerspaces, Fab Labs and Lab Managers in Academia». In *Proceedings of the FabLearn Europe 2019 Conference*, 1–2. Oulu, Finland: ACM. <https://doi.org/10.1145/3335055.3335074>.
- Verein Industrie 4.0 Österreich, Hrsg. 2017. «Ergebnispapier <Qualifikation und Kompetenzen in der Industrie 4.0>». https://plattformindustrie40.at/wp-content/uploads/2016/03/WEB_Industrie4.0_Ergebnispapier-Qualifikation-und-Kompetenzen.pdf.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

Projekt Kreativmarkt @Smartfeld Making, Entrepreneurship & Upcycling mit Primarschulkindern

Fatmir Racipi¹ , Stephanie Eugster¹  und Céline Hutter¹ 

¹ Pädagogische Hochschule St. Gallen

Zusammenfassung

Der Beitrag stellt das Projekt Kreativmarkt @Smartfeld und dessen Effekte bezüglich Selbstvertrauen, Selbstständigkeit, Selbstwirksamkeit und Durchhaltewillen von Kindern aus der 5. und 6. Primarschulklasse vor, welche im Rahmen eines Pilots untersucht wurden. Beim Kreativmarkt handelt es sich um ein interdisziplinäres Projekt zur Förderung von Zukunftskompetenzen und Entrepreneurship des Bildungslabors Smartfeld in St. Gallen, Schweiz. Für den Kreativmarkt @Smartfeld entwickelten Kinder in ihrer Freizeit ein Produkt oder ein Dienstleistungsangebot, welches sie während der publikumsoffenen Veranstaltung an die Öffentlichkeit verkauften. Dazu besuchten sie fünf Workshops mit verschiedenen Themenschwerpunkten wie Design Thinking, Entrepreneurship, finanzielle Bildung und Upcycling. Begleitend zum Projekt wurde in einer Studie (n = 36) untersucht, inwiefern sich die Teilnahme auf das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen auswirkt. Beim Selbstvertrauen und der Selbstständigkeit wurden positive Effekte festgestellt, bei der Selbstwirksamkeit und dem Durchhaltevermögen waren die Effekte negativ. Die Ergebnisse aus der quantitativen Befragung waren nicht signifikant. Ergänzend wurden mit einigen Kindern (n = 5) Interviews durchgeführt. Diese haben ergeben, dass die Schüler:innen es schätzten beim Projekt eigenständig ein Produkt entwickeln und so ihre eigenen Ideen in die Tat umzusetzen zu können. Weiter haben sie auf verschiedenen Ebenen dazugelernt, wie beispielsweise bei der Produktion oder der Preisgestaltung. Auch die kollaborative Arbeitsweise empfanden die Kinder als wichtig und bereichernd. Nicht zuletzt hat ihnen die Teilnahme Spass gemacht und die Freude über den eigens erwirtschafteten Gewinn war gross.

Project Kreativmarkt @Smartfeld Making, Entrepreneurship & Upcycling with Primary School Children

Abstract

The article presents the project Kreativmarkt @Smartfeld and its effects on self-confidence, self-reliance, self-efficacy and perseverance of children from the 5th and 6th primary school classes, which were investigated within the framework of a pilot. The Kreativmarkt is an interdisciplinary project for the promotion of future competencies and entrepreneurship of the Smartfeld educational laboratory in St. Gallen, Switzerland. For the Kreativmarkt @Smartfeld, children developed a product or service offer in their spare time, which they sold to the public during the open-to-the-public event. To do this, they attended five workshops with different thematic focuses such as design thinking, entrepreneurship, financial education and upcycling. Accompanying the project, a study (n = 36) examined the extent to which participation affects self-confidence, self-reliance, self-efficacy and perseverance. Positive effects were found for self-confidence and independence, negative effects were found for self-efficacy and perseverance. The results from the quantitative survey were not significant. In addition, interviews were conducted with some children (n = 5). These showed that the pupils appreciated being able to develop a product independently in the project and thus put their own ideas into practice. Furthermore, they learned on different levels, such as production or pricing. The children also found the collaborative way of working important and enriching. Last but not least, they enjoyed participating and were very happy about the profit they made.

1. Einleitung

1.1 Projektzusammenfassung

Das Projekt Kreativmarkt @Smartfeld ist ein interdisziplinäres Vorhaben des Bildungslabors Smartfeld in St. Gallen, welches erstmals im Jahr 2021 als Pilotprojekt und im darauffolgenden Jahr 2022 durchgeführt wurde. Ursprünglich mit einer Partnerschule des Smartfelds ins Leben gerufen, beteiligten sich im Jahr 2022 zwei weitere Schulen in der Umgebung am Kreativmarkt. Im Projekt wurde den Schüler:innen aus St. Gallen und Umgebung die Möglichkeit gegeben, ein Produkt zu kreieren. Dabei sollten sie in Teams arbeiten und hauptsächlich Restmaterialien verwenden, um das Produkt herzustellen und schliesslich an einem eigenen Marktstand zu verkaufen. Der selbst erwirtschaftete Gewinn wurde unter der Gruppe aufgeteilt. Die Teilnahme am Projekt erfolgte auf freiwilliger Basis und die Workshops sowie der Kreativmarkt selbst fanden in der Freizeit der Kinder statt. Das übergeordnete Ziel

bestand darin, das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und den Durchhaltewillen der teilnehmenden Schüler:innen zu fördern. Das Projekt konzentrierte sich auf Schülerinnen und Schüler der 5. und 6. Primarklassen und wurde vom Smartfeld-Team sowie Studierenden der Pädagogischen Hochschule St. Gallen und der Universität St. Gallen begleitet. Die Finanzierung dieses Projekts wurde von der Rising Tide Foundation übernommen und die Materialien wurden von einem lokalen Materialienverwerter bereitgestellt, der sich für die Resteverwertung qualitativ hochwertiger Materialien einsetzt.

1.2 Making

Das Projekt Kreativmarkt @Smartfeld beinhaltet wesentliche Teile, die mit dem aktuellen Thema des Makings im Schulkontext zu tun haben. Unter Making versteht man eine Form des Lernens, die auf praktischer, erfahrungsorientierter und handlungsorientierter Erfahrung basiert. Es beinhaltet das selbstständige Erstellen, Erfinden, Entdecken und Experimentieren, um Probleme zu lösen und kreative Lösungen zu finden. Die Idee des Making ist, Schüler:innen dazu zu ermutigen, ihre Kreativität und ihre eigenen Fähigkeiten in verschiedenen Bereichen auszudrücken. Im *Maker-Movement Manifest* von Hatch (2013) wurden die Leitprinzipien des Making festgehalten: machen, teilen, lernen, spielen, teilhaben, unterstützen, verändern. Diese Leitprinzipien machen nach Dougherty (2013) das «Maker-Mindset» aus. Making fördert das kritische Denken, indem es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, praktische Herausforderungen zu lösen und ihre Problemlösungsfähigkeiten zu verbessern. Die Kollaboration mit anderen Schüler:innen steht ebenfalls im Mittelpunkt, wenn sie gemeinsam über ihre Herausforderungen sprechen und Ideen ausarbeiten (Ingold und Maurer 2020, 7–11; Schön, Ebner, und Narr 2020). In diesem Artikel wird eine konkrete Umsetzung eines Projekts beschrieben, welches an das Konzept des Making angelehnt ist, dieses aber nicht vollumfänglich miteinbezieht. So steht hier kein Makerspace im Fokus, sondern vielmehr entsprechende Praktiken und Anwendungen, welche im Verlauf des Projekts angewendet werden.

1.3 Relevanz für Forschung

Obwohl es vergleichsweise wenige Studien gibt, die sich mit Making an Schulen auseinandersetzen, deuten verschiedene Artikel auf den positiven Lerneffekt hin, den Schüler:innen erfahren, wenn sie im Rahmen von Makerspaces Schulstoff erlernen. Angesichts der zunehmenden Implementierung von Makerspaces an verschiedenen Schulen in der Schweiz ist es von grosser Bedeutung, relevante Aspekte des Making im Unterricht zu erforschen. Die Diskussion über die Neuformulierung

von Lehrplänen, die in den USA und Grossbritannien stattfindet, konzentriert sich auf die 21st-Century-Skills (Geisinger 2016) die im Makerspace-Kontext thematisiert werden (Konstantinou, Parmaxi, und Zaphiris 2021, 236f.).

Projekte im Making-Bereich erfordern einen erheblichen Zeitaufwand und eine sorgfältige Organisation, was Lehrpersonen oft daran hindert, grössere Projekte umzusetzen. Die Bereitstellung von Räumlichkeiten, Sicherheit und der erforderlichen Ausrüstung stellt weitere Herausforderungen dar, die bei der Durchführung von Making-Projekten berücksichtigt werden müssen. Bei grösseren Klassen kann es schwierig sein, den Schüler:innen die notwendige Unterstützung durch die Lehrperson zu gewährleisten. Je nach Komplexität der Aufgaben kann dies zusätzliche personelle Unterstützung erfordern, um die Schüler:innen optimal zu fördern und zu unterstützen. Eine solche Projektarbeit erfordert auch viel Kommunikation zwischen den Leitenden, den teilnehmenden Schüler:innen und deren Erziehungsberechtigten (Andres 2018, 32–37).

Obwohl das Interesse an Making in der Schule wächst, gibt es noch immer viele offene Fragen bezüglich des Lernerfolgs von Schüler:innen, der effektivsten Implementierung von Making-Formaten im Unterricht und konkreten Umsetzungen. Der vorliegende Artikel präsentiert eine innovative Umsetzung von Making-Aspekten im Unterricht und untersucht die Auswirkungen auf das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen der teilnehmenden Schüler:innen. Durch die Erkenntnisse aus dieser Studie kann eine Richtung für die erfolgreiche Umsetzung von Making-Projekten im Unterricht aufgezeigt werden. Da noch viele Fragen offen sind, bietet dieser Artikel einen wichtigen Beitrag zur Erforschung des Potenzials von Making im Schulkontext.

2. Projekt

Das Projekt Kreativmarkt @Smartfeld war in drei aufeinanderfolgende Phasen gegliedert. Der erste Teil des Projekts umfasste Informationsveranstaltungen an den drei Partnerschulen, um die Schüler:innen über das bevorstehende Projekt zu informieren. Das Ziel war es, sie zu motivieren und ihnen eine klare Vorstellung davon zu vermitteln, was auf sie zukommt. Im Hauptteil des Projekts folgten fünf Workshops, in denen die Schüler:innen individuell betreut und unterstützt wurden. Hierbei wurden verschiedene Themenschwerpunkte behandelt.

Das Finale des Projekts bildete der Kreativmarkt-Tag, an dem die Schüler:innen ihre kreativen Produkte präsentieren und verkaufen konnten. Dieser Tag war das Highlight des Projekts und bot den Schüler:innen die Möglichkeit, ihre erworbenen Fähigkeiten und Kenntnisse in die Praxis umzusetzen sowie ihre Ergebnisse einem breiten Publikum zu präsentieren.

In der ersten Phase des Projekts wurde eine Informationskampagne an den Schulen durchgeführt, um die Schüler:innen für das Projekt zu begeistern und ihnen eine klare Vorstellung davon zu vermitteln, worum es im Projekt geht. Diese Informationskampagne umfasste die Durchführung eines fiktiven Kreativmarkts an den Schulen mit zufällig zusammengesetzten Gruppen. Um die verschiedenen Schritte von der Anmeldung bis hin zum Marktstand zu verdeutlichen, wurden Schauspiel-Szenen inszeniert und erläutert. Ziel war es, die Schüler:innen mit spielerischen Methoden auf die bevorstehenden Herausforderungen vorzubereiten und ihnen das Konzept des Kreativmarkts nahezubringen.

Diese Methode ist in der Wissenschaft auch als Simulation bekannt und hat sich als effektiv erwiesen, um komplexe Prozesse in einer realistischen Umgebung zu veranschaulichen (Dankbaar et al. 2016). Durch das Einbeziehen von Schauspiel-Szenen konnte das Interesse der Schüler:innen geweckt werden und sie konnten die verschiedenen Schritte des Projekts besser verstehen. Dieses Konzept des «Learning by Doing» wird auch von Forschenden unterstützt, die die Wirksamkeit von erlebnisorientiertem Lernen untersuchen (Kolb 1984).

Im Hauptteil dieses Projekts fanden fünf Workshops statt, die jeweils am schulfreien Mittwochnachmittag im Smartfeld in St. Gallen stattfanden. Nach den Informationsveranstaltungen an den Schulen meldeten sich über 82 Schüler:innen über ihre Lehrpersonen an. Die Workshops waren eine Gelegenheit für die Teilnehmer:innen, Gruppen zu bilden, Ideen zu entwickeln und Unterstützung bei der Umsetzung ihrer Ideen zu erhalten. Jeder Workshop hatte ein Hauptthema, das im Mittelpunkt stand, darunter Themen wie Design-Thinking, Entrepreneurship und Finanzen.

Vor der Umsetzung ihrer teilweise bereits vorhandenen Ideen wurden die Teilnehmer:innen in den Design-Thinking-Prozess eingeführt. Darunter verstehen Sarooghi et al. (2019) einen kreativen und nutzerorientierten Ansatz zur Lösung von Problemen, der iterative Schritte wie Empathie, Definition, Ideenfindung, Prototyping und Testing umfasst, um innovative Lösungen zu entwickeln. Es ist eine menschenzentrierte Methode, die eine Kultur der Zusammenarbeit, des Experimentierens und des Lernens fördert. Dies half ihnen, ihre Ideen von der Ideenfindung über das Prototyping bis hin zur Fertigstellung des Produkts zu verfolgen. Der Design-Thinking-Prozess wurde während des gesamten Projekts immer wieder betont und bildete die Grundlage für die Besprechungen mit den verschiedenen Teams. So konnten die Teams ihren Fortschritt präsentieren und herausfinden, ob sie sich noch im Prototyping-Prozess befanden oder ob sie das endgültige Produkt bereits in grösserer Stückzahl produzieren konnten.

Das Projekt beinhaltete auch Elemente des Entrepreneurships, die den Schüler:innen kritisches Denken beibrachten. Gemäss Omer Attali und Yemini (2017) gibt es keine einheitliche Definition des Begriffs, jedoch bezieht sich Entrepreneurship auf die Fähigkeit, Innovationen und neue Geschäftsmöglichkeiten zu erkennen

und umzusetzen. Dabei geht es um die Schaffung von Werten und die Erschließung neuer Märkte durch unternehmerisches Denken und Handeln. Sarooghi et al. (2019) definieren Entrepreneurship als einen Prozess, der darauf zielt, neue Geschäftsmodelle und Unternehmen zu schaffen und aufrechtzuerhalten. Dabei geht es um die Identifikation von Chancen, die Entwicklung von Ideen, die Beschaffung von Ressourcen und die Umsetzung von Geschäftsplänen mit dem Ziel, Gewinne zu erzielen. Der Fokus während der Gespräche mit den Teams lag auf Innovation, Konkurrenz und Zielgruppen. Im Plenum wurden verschiedene Beispiele vorgestellt und später in den einzelnen Gesprächen mit den Teams diverse unternehmerische Aspekte in Bezug auf das selbsterstellte Produkt angesprochen. Es wurden durchdachte Ideen verlangt, bevor die Herstellung beginnen konnte. Die Gruppen wurden aufgefordert, mögliche Optimierungen ihres Produkts zu überlegen und das gesamte Potenzial auszuschöpfen. Bei der Preisbildung ihrer Produkte diskutierten wir, wie sie sich von der Konkurrenz abheben konnten und dass ihre Preise sich dem Markt anpassen müssen.

Finanzielle Bildung war ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projekts. Sie ist für Schüler:innen von grosser Bedeutung. Das Thematisieren der finanziellen Gegebenheiten bildet die Basis für einen zukünftigen vernünftigen Umgang mit Geld und kann bevorstehende gesellschaftliche Probleme verhindern. Wenn man in Betracht zieht, dass viele Haushalte heute mit finanziellen Problemen zu kämpfen haben, ist das Lernen des Umgangs mit Geld im Schul-Setting ein wichtiger Aspekt (Tomášková, Mohelská, und Němcová 2011; Compen, Witte, und Schelfhout 2019). Das Projekt bot auch einen finanziellen Anreiz, da die Teams ihren Gewinn unter sich aufteilen konnten und lediglich die Materialkosten bezahlen mussten. Einige Gruppen konnten über 100 Franken Gewinn erwirtschaften.

Im Rahmen des Projekts lag der Fokus auf dem Thema Upcycling, das über den gesamten Zeitraum hinweg präsent war. *Upcycling* ist ein Prozess, der darauf zielt, Abfallprodukte in wertvolle und langlebige Produkte umzuwandeln, indem Materialien kreativ wiederverwendet werden. Es geht darum, Ressourcen zu schonen und eine nachhaltige Alternative zur Entsorgung von Abfällen zu schaffen, indem Materialien wiederverwendet werden und ihre Lebensdauer verlängert wird (Flowers, Rauch, und Wierzbicki 2019; Santulli und Rognoli 2020). Die Schüler:innen waren nicht nur gefordert, innovative Produkte zu erfinden und unternehmerisches Denken zu entwickeln, sondern auch vorhandene Materialien im Sinne der Nachhaltigkeit wiederzuverwerten.

In Kooperation mit einem regionalen Restmaterialienverwerter erhielten die jungen Teilnehmer:innen Unterstützung von Expert:innen im Bereich des Upcyclings. Diese standen den Kindern mit Rat und Tat zur Seite, um ihre Ideen entsprechend

umzusetzen. Durch diese Zusammenarbeit konnten die Schüler:innen nicht nur ihr Wissen erweitern, sondern auch wichtige Fähigkeiten im Umgang mit vorhandenen Ressourcen erlernen.

Über den ganzen Zeitraum hinweg galt die Förderung des Selbstvertrauens, der Selbstständigkeit, der Selbstwirksamkeit und des Durchhaltevermögens der teilnehmenden Kinder als übergeordnetes Ziel. Die Kinder erhalten ein bestärkendes und positives Feedback, das sie in ihrer Persönlichkeit bestätigt und sie motiviert, andere Dinge auf der Grundlage verschiedener Kreativitätstechniken auszuprobieren. Sie werden motivierter und interessieren sich mehr für andere Fächer. Wenn das Selbstvertrauen der Schüler:innen gestärkt wird, dann können sie einfacher Entscheidungen treffen, da sie sich besser in der Anpassung an äusserlichen Bedingungen einschätzen und bevorstehende Risiken vorhersehen können (Garaika und Margahana 2019). Sie können sich mit einer kreativen Arbeit beschäftigen, zu der sie am meisten motiviert sind. Die Kinder arbeiten einzeln oder in Gruppen und erhalten etwas Geld, das sie für ihre persönlichen Bedürfnisse sparen können. Das Motiv der Selbstständigkeit in einer realen Situation, wie in der Anwendung von Entrepreneurship in diesem Projekt, füttert die Schüler:innen mit Möglichkeiten zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zum Erlangen praktischer Kompetenzen (Ukah und Atah 2021). Sie machen die Erfahrung, dass sie selbst etwas bewirken können. Sie bekommen das Gefühl, dass man selbst etwas in der Welt bewirken kann und dass nicht der Zufall oder äussere Ursachen das eigene Leben bestimmen. Dieses Vertrauen in die eigenen Kompetenzen hilft beim weiteren Lernen. Eine höhere Selbstwirksamkeit wirkt sich positiv auf den schulischen Erfolg von Kindern aus. Die Erfahrung, dass man selbst etwas erreichen kann, ohne auf äussere Einflüsse angewiesen zu sein, wirkt sich langfristig auf das Leben aus (Studdard, Dawson, und Jackson 2013). Für Primarschulkinder ist dieses Projekt nicht einfach und alles ist neu. Deshalb brauchen sie Mut, intrinsische Motivation und auch das Bewusstsein, dass es zum Leben gehört, Fehler zu machen. Um stets dranzubleiben, braucht es Durchhaltevermögen. Mit dem Entrepreneurship-Unterricht kann man unter anderem das Durchhaltevermögen steigern. Dies hat einen grossen Einfluss auf den zukünftigen Arbeitsmarkt und die Gründung neuer Unternehmen (Floris und Pillitu 2019).

Am Ende des Projekts stand die Krönung der Arbeit: Der Kreativmarkt, auf dem die verschiedenen Gruppen ihre über Wochen hinweg erarbeiteten Produkte anbieten konnten. Die Marktbesucher:innen erhielten dabei die Gelegenheit, die Produkte der Schüler:innenarbeit zu bestaunen und zu erwerben. Um den Verkauf zu erleichtern, wurde den Teilnehmer:innen Wechselgeld bereitgestellt.

Die Veranstaltung erfreute sich regen öffentlichen Zuspruchs, wie die Anwesenheit von mehr als 350 Besucher:innen belegte. Der Kreativmarkt war ein voller Erfolg und nahezu alle Gruppen konnten finanzielle Gewinne verbuchen. Expert:innen aus Wirtschaft, Bildung und Politik waren eingeladen und besuchten jeden Stand, um

die besten drei auszuwählen. Die Leistungen der Schüler:innen wurden gebührend gewürdigt und mit einem Teilnahme-Diplom honoriert. Darüber hinaus gab es einen Publikumspreis, mit dem der beliebteste Stand ausgezeichnet sollte. Insgesamt war der Markt ein Fest der Kreativität und bot den jungen Teilnehmer:innen eine unvergessliche Gelegenheit, ihre Arbeit einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren und damit Geld zu verdienen.

3. Theorie

In den nachfolgenden Abschnitten werden die für die Studie zentralen vier Fähigkeiten beleuchtet: das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen. Jede Fähigkeit wird definiert und ihre Bedeutung diskutiert. Die Fähigkeiten werden mit verschiedenen Studien und Forschungsergebnissen untermauert, um ihre jeweilige Wichtigkeit zu betonen.

3.1 Begriffe

3.1.1 Selbstvertrauen

Selbstvertrauen ist die Überzeugung, dass man etwas gut kann und dass man von anderen respektiert wird (Cambridge Dictionary 2023). Laut (Warrell 2015) ist Selbstvertrauen nicht festgelegt und kann daher von jedem freiwillig erlernt werden. Das bedeutet nicht unbedingt, dass es einfach ist, aber mit konsequenter Anstrengung und Mut zum Risiko kann jede:r sein/ihr Selbstvertrauen schrittweise ausbauen. Je nach Anerkennung von aussen wird das Selbstvertrauen entweder gestärkt oder geschwächt. Daher ist es wichtig, dass man sich nicht völlig von externer Bestätigung abhängig macht und dass das eigene Selbstvertrauen hoch genug ist (Warrell 2015).

3.1.2 Selbstständigkeit

Selbstständigkeit ist die Fähigkeit, sich auf sich selbst oder seine eigenen Fähigkeiten zu verlassen (Cambridge Dictionary 2023). Die von Brunner und Zeltner (1980, 35) aufgestellte Definition von Selbstständigkeit geht über diejenige des Cambridge Dictionary hinaus. Eine selbstständige Person ist demnach in der Lage, sich eigene Ziele zu setzen, geeignete Mittel zu deren Erreichung zu wählen und das Erreichte selbstständig zu bewerten. Mit dieser Definition verdeutlichen Brunner und Zeltner (1980, 35) dass Selbstständigkeit eine wichtige Rolle für ein unabhängiges

und selbstbestimmtes Leben spielt. Die Tendenz, dass ein Kind umso selbstständiger wird, je älter es wird, war Teil der Ergebnisse der Studie von Meindl, Obitz und Orendi (2008, 27–30).

3.1.3 Selbstwirksamkeit

Selbstwirksamkeit ist die Überzeugung einer Person, dass sie bei der Ausführung einer bestimmten Aufgabe erfolgreich sein kann (Cambridge Dictionary 2023). Bandura (Bandura 1977) hat die Bedeutung einer hohen Selbstwirksamkeitsrate einer Person nachgewiesen. Er geht so weit, dass er behauptet, Selbstwirksamkeit sei «der Kern des individuellen Erfolgs, eine motivierende Kraft des menschlichen Handelns» (Bandura 1986, 1389). Auch einige andere Studien wie die von Rigotti, Schyns und Mohr (2008) haben einen positiven Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und Lebenszufriedenheit festgestellt. Hill, Smith und Mann (1987) untersuchten, dass ein hohes Mass an Selbstwirksamkeit einer Person ermöglicht, eigenes Scheitern auf die Umgebung oder auf geringe Anstrengungen zurückzuführen. Eine Person mit geringer Selbstwirksamkeit hingegen schreibt ein Scheitern ihren eigenen Fähigkeiten zu. Während Personen mit hoher Selbstwirksamkeit dazu neigen, sich mit anspruchsvollen Aufgaben zu beschäftigen, weil sie darin eine Chance sehen, ihre Kompetenzen zu entwickeln, bevorzugen Personen mit geringer Selbstwirksamkeit vertraute Aufgaben ohne Veränderungen, um ihr Kompetenzniveau nicht zu überschreiten (Hill, Smith, und Mann 1987).

3.1.4 Durchhaltevermögen

Durchhaltevermögen ist die Eigenschaft einer Person, sich weiterhin zu bemühen, ihre Ziele zu erreichen, auch wenn dies schwierig ist oder viel Zeit in Anspruch nimmt (Cambridge Dictionary 2023). Das Setzen von Zielen ist von entscheidender Bedeutung, wenn man sich im Leben bewegt. Nach Latham und Locke (1991) helfen sie dabei, den eigenen Fokus zu lenken. Ausserdem führen erreichte Ziele oft zu Zufriedenheit und weiterer Motivation. Um die Vorteile der sehr mächtigen Technik der Zielsetzung zu nutzen, ist eine weitere Fähigkeit, das Durchhaltevermögen, von entscheidender Bedeutung. Ziele im Leben sind oft langfristig angelegt und können nicht ohne Anstrengung erreicht werden. Im Allgemeinen erreichen Menschen, die Durchhaltevermögen beweisen, ein Ziel schneller und mit mehr Erfolg (Latham und Locke 1991).

3.2 *Forschungsstand*

Nach Markway und Ampel (2018) bringt es einige Vorteile mit sich, selbstbewusst zu sein. Diese sollen im Folgenden erläutert werden. Sie behaupten, je selbstbewusster eine Person ist, desto mehr kann sie die innere Stimme hören, die sagt, dass man es schaffen kann. Infolgedessen neigen selbstbewusste Menschen dazu, ein Leben mit weniger Ängsten zu führen, weil sie Zuversicht tanken, statt zu viel nachzudenken. Selbst wenn etwas schiefgeht, können sie die Situation besser bewältigen, da ihr Selbstvertrauen ihnen die Fähigkeit zu geben scheint, mit Misserfolgen umzugehen (Markway und Ampel 2018). Darüber hinaus stellt Jacob (2021) fest, dass in einer Welt zunehmender psychischer Probleme und Selbstzweifel, insbesondere bei der jüngeren Generation, Selbstvertrauen eine wesentliche Rolle spielt, da es die Grundlage für Selbstliebe ist, die Basis für die Liebe gegenüber anderen und zum Leben schafft und das Selbstwertgefühl, den Glauben in sich selbst steigert.

Nach Ansicht von Frederick (2016) sind eine grosse Portion Selbstvertrauen und Eltern oder andere Erziehungsberechtigte, die bereit sind, Kindern genügend Freiheiten zu lassen, zwei der Voraussetzungen für die Entwicklung von Selbstständigkeit bei jungen Menschen. Selbstständigkeit ist aus mehreren Gründen wichtig. Einerseits argumentiert Moore (2019), dass es für Menschen wichtig ist, nicht von der Hilfe anderer abhängig zu sein, da es Zeiten geben wird, in denen diese nicht verfügbar ist. Andererseits ermöglicht Selbstvertrauen den Menschen, unabhängiger zu leben und sich selbst glücklich zu fühlen, ohne sich auf andere verlassen zu müssen (Moore 2019).

Nicht nur Selbstvertrauen und Selbstständigkeit, sondern auch Selbstwirksamkeit, ein vergleichsweise neues Konzept, das 1977 von Albert Bandura, einem amerikanischen Gesundheitspsychologen, entwickelt wurde, hat einen positiven Einfluss auf das körperliche und geistige Wohlbefinden der Menschen. Cherry (2007) berichtet zum Beispiel, dass Menschen mit einem starken Gefühl der Selbstwirksamkeit sich auf positive Ergebnisse und persönliche Fähigkeiten konzentrieren, selbst wenn die Aufgabe oder die Situation herausfordernd ist. Darüber hinaus zeigt die Selbstwirksamkeit auch auf dem Arbeitsmarkt positive Auswirkungen. Gist (1987) untersuchte die theoretischen und praktischen Auswirkungen der Selbstwirksamkeit auf das Arbeitsverhalten und das Personalmanagement. Demnach scheint die Selbstwirksamkeit in mehrfacher Hinsicht für die Auswahl neuer Mitarbeitenden von Bedeutung zu sein. Da die Auswahl leistungsstarker Personen für Unternehmen wichtig ist, könnte Selbstwirksamkeit als Prädiktor für Leistung hilfreich sein. Darüber hinaus untersuchten Judge und Bono (2001), dass selbstwirksame Personen mit ihrer Arbeit zufriedener sind und bessere Leistungen erbringen. Selbstwirksamkeit allein reicht jedoch möglicherweise nicht aus oder hat einen geringen Effekt, wenn das Durchhaltevermögen fehlt.

Schaffner (2020) verweist auf verschiedene Studien, die belegen, dass das Durchhaltevermögen ein besserer Prädiktor für Leistung ist als Talent oder Veranlagung, weil es Anstrengung und Übung über einen längeren Zeitraum aktiviert. Zum Durchhaltevermögen gehört auch die Fähigkeit, *aus Misserfolgen zu lernen, um an seinen Zielen festzuhalten*. Erfolg im Leben ist oft nicht einfach und deshalb ist es äusserst wichtig, Durchhaltevermögen zu lernen, um seine Ziele im Leben zu erreichen (Schaffner 2020).

4. Fragestellung

Noch ist unklar, ob und wie sich das Projekt Kreativmarkt @Smartfeld auf das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen einer Person auswirkt. Insgesamt haben diese Fähigkeiten aber einen positiven Einfluss auf das Leben einer Person, da sie ihr helfen können, ihre Ziele zu erreichen, Herausforderungen zu bewältigen und ihr Potenzial zu entfalten. Aufgrund ihrer Bedeutung ist es wichtig, diese Fähigkeiten zu fördern und zu stärken, um eine erfolgreiche und erfüllte Zukunft zu gewährleisten.

Um der Bedeutung der vier Fähigkeiten gerecht zu werden, werden in diesem Beitrag die folgenden Forschungsfragen untersucht:

1. Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf das Selbstvertrauen von Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?
2. Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf die Selbstständigkeit von Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?
3. Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf die Selbstwirksamkeit der Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?
4. Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf das Durchhaltevermögen der Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?
5. Kann ein Unterschied in der Wirkung in Abhängigkeit von der besuchten Schule festgestellt werden?
6. Kann ein Unterschied in der Wirkung in Abhängigkeit vom Geschlecht festgestellt werden?

5. Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein Mixed-Methods-Ansatz mit einem quasi-experimentellen Design angewendet. Dabei wurde eine Prä-Post-Umfrage ohne Kontrollgruppe durchgeführt. Untersucht wurden das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen beim ersten

Workshop (t1) sowie nach Abschluss des Projekts anlässlich der Durchführung des Kreativmarkts (t2). Ergänzend wurde zum Zeitpunkt t2 mit einer Teilstichprobe ein leitfadengestütztes Interview durchgeführt.

5.1 Datenerhebung

Sowohl zum Zeitpunkt t_1 als auch zu t_2 wurden die vier Variablen Selbstvertrauen, Selbstständigkeit, Selbstwirksamkeit und Durchhaltevermögen mittels eines schriftlichen, kindgerechten und anonymen Fragebogens erhoben. Der Fragebogen zu t_1 wurde im Smartfeld beim ersten Workshop ausgefüllt. Die Erhebung zum Zeitpunkt t_2 wurde eine Woche nach der Durchführung des Kreativmarkts – und damit dem Abschluss des Projekts – von den Lehrpersonen in der Schule durchgeführt.

Für jede der latenten Variablen wurde eine Skala bestehend aus drei Items gebildet (Tabelle 1). Daraus ergeben sich insgesamt zwölf Items. Die Einschätzung erfolgte auf einer vierstufigen Ratingskala (1 «stimmt nicht» bis 4 «stimmt»). Ergänzt wurden die vier Stufen mit passenden Smileys. Zusätzlich wurden das Geschlecht und die besuchte Schule erhoben. Für die Formulierung der Items wurde auf bereits genutzte und geprüfte Items zurückgegriffen (Meindl, Obitz, und Orendi 2008; Jerusalem und Schwarzer 2003; Christensen und Knezek 2014). Einzelne Items wurden umformuliert, damit die Aussagen für die Kinder besser verständlich sind.

Skala	Items
Selbstvertrauen	«Ich bin mit mir selbst zufrieden.»
	«Ich besitze viele gute Eigenschaften.»
	«Ich kann vieles genauso gut wie andere Menschen.»
Selbstständigkeit	«Ich kann auch schwierige Aufgaben selbstständig lösen.»
	«Ich kann auch allein an etwas arbeiten.»
	«Ich treffe meine eigenen Entscheidungen.»
Selbstwirksamkeit	«Ich kann auf meine Fähigkeiten vertrauen.»
	«Ich kann für jedes Problem eine Lösung finden.»
	«Ich weiss immer, wie ich mich verhalten soll.»
Durchhaltevermögen	«Ich gebe nicht so schnell auf.»
	«Ich bin geduldig.»
	«Ich kann lange an etwas arbeiten.»

Tab. 1: Verwendete Skalen und ihre Items.

Als Ergänzung zu den Fragebögen wurden zu t_2 rund 15-minütige leitfadengestützte Interviews durchgeführt mit dem Ziel, tiefere Einblicke und vor allem mögliche Erklärungen für die Einschätzungen der Schüler:innen zu erhalten. Die Interviews wurden während des Unterrichts in einem separaten Raum durchgeführt. Die Teilnahme am Interview und auch das Ausfüllen der Fragebogen war freiwillig.

5.2 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen zum Zeitpunkt t_1 64 der 82 am Projekt beteiligten Schüler:innen teil. Zu t_2 waren es 61. Insgesamt konnten 40 Prä- und Postfragebögen einander zugeordnet werden, von denen vier unvollständig ausgefüllt waren. In dieser Studie werden ausschliesslich die Werte der 36 Schüler:innen berücksichtigt, die an beiden Messzeitpunkten teilgenommen haben und bei welchen beide Fragebögen vollständig ausgefüllt wurden. Alle Schüler:innen waren aus der 5. oder 6. Klasse. 20 Befragte (56 %) stammten aus der Primarschule A und 16 (44 %) aus der Primarschule B – beide aus St. Gallen. Aus der Primarschule C aus Teufen gab es keine gültigen Fragebögen. 23 Personen (64 %) aus der Stichprobe waren weiblich und 13 (36 %) männlich.

Für die Interviews zum Zeitpunkt t_2 meldeten sich drei Jungen und zwei Mädchen. Eines der Mädchen war von der Primarschule C aus Teufen. Die anderen vier Befragten waren von der Primarschule B aus St. Gallen.

5.3 Datenanalyse

Für die Analyse der Fragebogendaten wurden einfache statistische Verfahren verwendet. Die vierstufige Skala ergibt Werte zwischen 1 und 4, wobei 1 und 2 für eine Verneinung («stimmt eher nicht», «stimmt nicht»), 3 und 4 für eine Bejahung («stimmt teilweise», «stimmt») stehen. Aus den drei Items pro Skala wurde der Mittelwert gebildet. Der Zusammenhang zwischen der aktiven Teilnahme am Kreativmarkt und den vier Skalen Selbstvertrauen, Selbstständigkeit, Selbstwirksamkeit und Durchhaltevermögen wurde mittels gepaartem T-Test überprüft.

Die ergänzenden Interviews wurden aufgrund der kleinen Stichprobe ($n = 5$) qualitativ ausgewertet. Die Daten aus der mündlichen Befragung wurden nach Mayring und Fenzl (2019) mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse auf die wesentlichen Inhalte reduziert.

6. Resultate

6.1 Resultate des Fragebogens

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus der Auswertung der Fragebögen dargestellt. In Abbildung 1 ist ersichtlich, wie viele der Teilnehmer:innen durch die Teilnahme am Projekt Kreativmarkt eine positive, keine oder eine negative Veränderung erfahren haben.

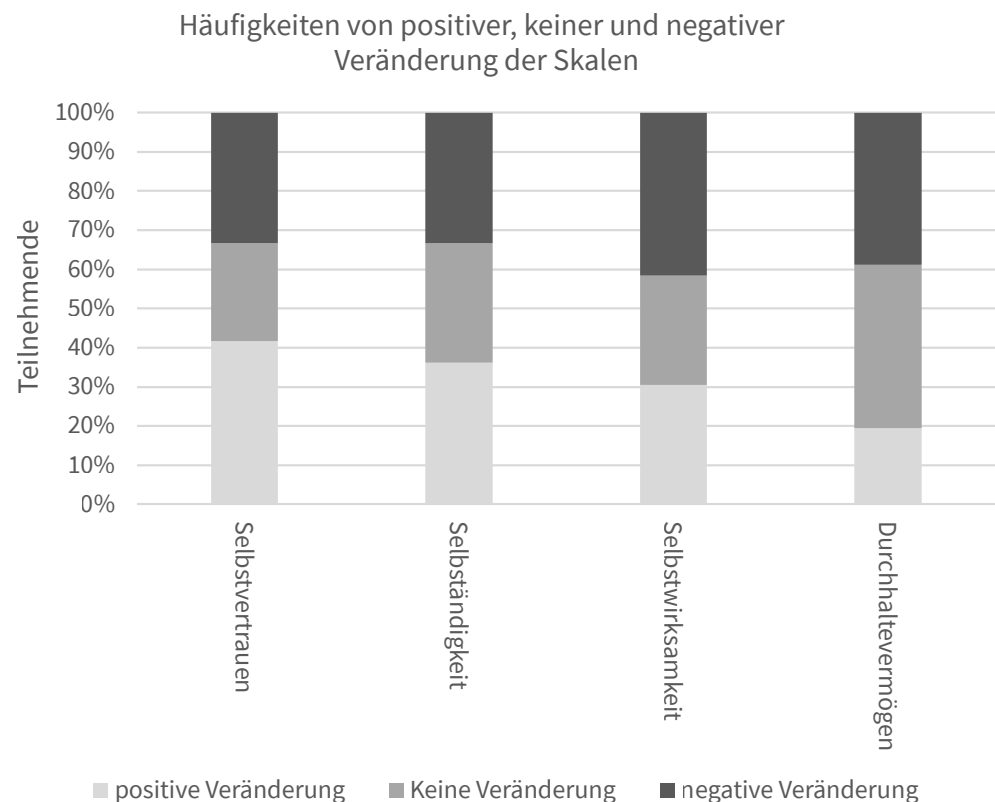


Abb. 1: Häufigkeiten von positiver, keiner und negativer Veränderung der Skalen durch die Teilnahme am Kreativmarkt.

Fast die Hälfte der Proband:innen (15) erlebt durch die Teilnahme am Projekt Kreativmarkt eine positive Veränderung beim Selbstvertrauen. Die übrigen erlebten keine Veränderung (9) oder eine negative Veränderung (12). Bei der Selbstständigkeit hält sich die Anzahl der positiven (13) und negativen (12) Veränderungen die Waage. Sowohl bei der Selbstwirksamkeit als auch beim Durchhaltevermögen ist die Zahl der negativen Veränderungen grösser als jene der positiven. Bei beiden Variablen erlebten fast die Hälfte der Schüler (15 resp. 14) nach der Teilnahme am

Kreativmarkt eine negative Veränderung. Im Falle des Durchhaltevermögens gibt es auch eine grosse Anzahl ohne Veränderung (15), so dass nur 7 von 36 Kindern im Posttest eine positive Veränderung im Vergleich zum Prätest aufweisen. Betrachtet man das nächste Diagramm (Abb. 2), werden die Veränderungen der Durchschnittswerte vom Prätest zum Posttest sichtbar.

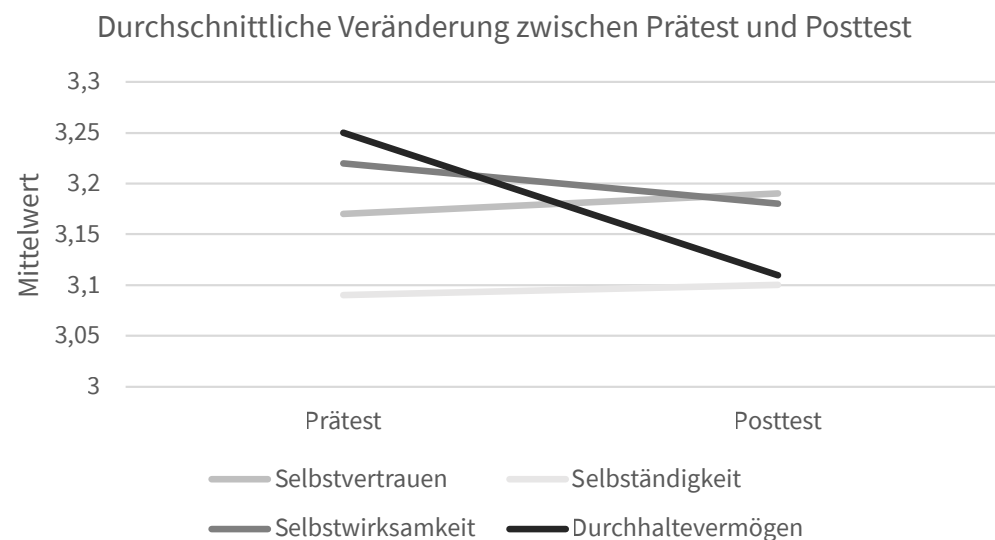


Abb. 2: Durchschnittliche Veränderung im Selbstvertrauen, in der Selbstständigkeit, der Selbstwirksamkeit und des Durchhaltevermögens zwischen Prä- und Posttest.

Im Fragebogen wurde eine vierstufige Skala verwendet, wobei die 1 den niedrigsten und die 4 den höchsten Wert darstellt. Auffallend ist der Durchschnittswert für das Durchhaltevermögen, der von einem Wert von 3.25 auf einen Wert von 3.11 sinkt. Auch der Durchschnittswert der Selbstwirksamkeit sinkt im Posttest im Vergleich zum Pretest von 3.22 auf 3.18. Die Selbstständigkeit verändert sich kaum, ebenso das Selbstvertrauen.

	prä		post	
	M	SD	M	SD
n = 36				
Selbstvertrauen	3.17	.50	3.19	.46
Selbstständigkeit	3.09	.49	3.10	.55
Selbstwirksamkeit	3.22	.39	3.18	.47
Durchhaltevermögen	3.25	.55	3.11	.63

Tab. 2: Ergebnisse der Prä-Post-Messungen.

Zusätzlich zu den Mittelwertberechnungen wurde für alle Skalen ein gepaarter T-Test durchgeführt (vgl. Tabelle 2). Die Teilnahme am Projekt Kreativmarkt hat keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das Selbstvertrauen ($T = -.35$, $p = .73$, $n = 36$). Das Selbstvertrauen der Proband:innen ist im Posttest ($M = 3.19$, $SD = .46$) nicht signifikant höher als davor ($M = 3.17$, $SD = .50$). Auch bei der Selbstständigkeit ($T = -.13$, $p = .90$, $n = 36$) konnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Die Selbstwirksamkeit hat im Vergleich zum Prätest ($M = 3.22$, $SD = .39$) beim Posttest ($M = 3.18$, $SD.47$) leicht abgenommen. Allerdings ist diese Veränderung nicht signifikant ($T = 0.5$, $p = .62$). Während das Durchhaltevermögen zu Beginn recht hoch eingeschätzt wurde ($M = 3.25$, $SD = .55$), gab es dort im Verlauf des Projekts die grösste Veränderung. Im Posttest wurde das Durchhaltevermögen als deutlich geringer angegeben ($M = 3.11$, $SD.63$). Die Veränderung ist jedoch nicht signifikant ($T = 1.8$, $p = .08$, $n = 36$).

	Gepaarte Differenzen		Standardfehler des Mittelwertes	T	Signifikanz
	M	SD			p
$n = 36$					
Selbstvertrauen t_2 – Selbstvertrauen t_1	.028	.479	.080	.348	.730
Selbstständigkeit t_2 – Selbstständigkeit t_1	.009	.436	.073	.127	.899
Selbstwirksamkeit t_2 – Selbstwirksamkeit t_1	-.042	.498	.083	-.502	.619
Durchhaltevermögen t_2 – Durchhaltevermögen t_1	-.139	.462	.077	-1.804	.080

Tab. 3: Ergebnisse des gepaarten T-Test unter Berücksichtigung der Messwiederholung.

6.1.1 Vergleich der Ergebnisse zwischen den verschiedenen Schulen

Die Kinder, die am Kreativmarkt teilgenommen haben, kamen aus drei verschiedenen Schulen. In diesem Bericht sind nur zwei von ihnen vertreten – die Primarschule A ($n = 20$) und die Primarschule B ($n = 16$), beide aus St. Gallen. Um eventuelle Unterschiede zwischen den Schulen deskriptiv darzustellen, wurden Mittelwertberechnungen pro Schule durchgeführt. Da die Ergebnisse aus dem vorigen Abschnitt alle nicht signifikant waren, wurde hier auf weitere statistische Tests verzichtet und es werden lediglich die deskriptiven Daten beschrieben.

Die Durchschnittswerte der Schüler:innen der Primarschule A haben sich sowohl beim Selbstvertrauen, der Selbstständigkeit als auch der Selbstwirksamkeit ins Positive verändert – wenngleich nur minimal. Bei den Kindern der Primarschule B zeigt sich das gegenteilige Bild. Dort haben sich die Werte minimal ins Negative verändert. Einzig beim Durchhaltevermögen trat an beiden Schulen eine negative Veränderung auf, die bei den Kindern der Primarschule B stärker ausgeprägt ist.

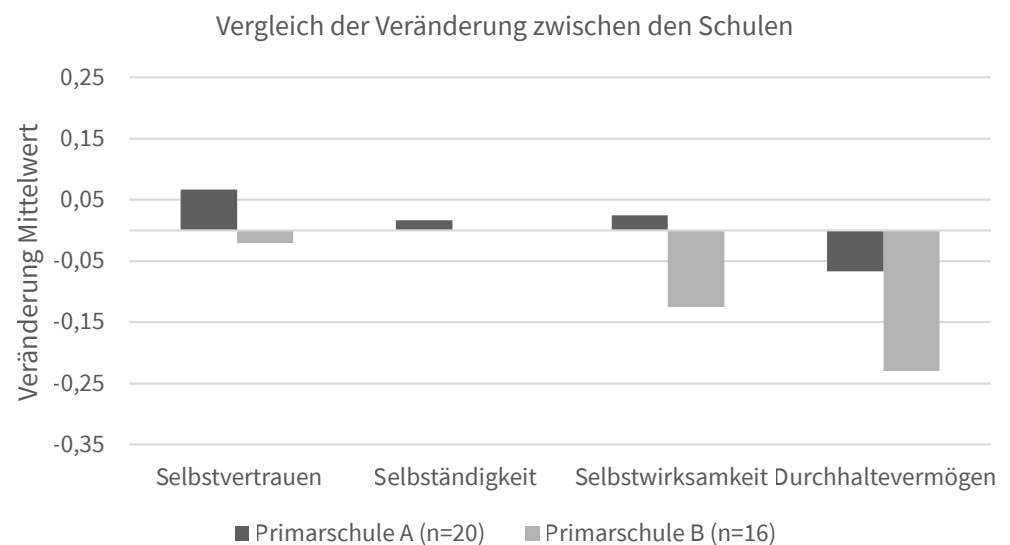


Abb. 3: Vergleich der Veränderung vom Prätest zum Posttest zwischen den Primarschulen A und B.

6.1.2 Vergleich der Ergebnisse nach Geschlecht

Neben der getrennten Betrachtung der einzelnen Schulen wurde auch eine Betrachtung nach Geschlecht vorgenommen. Alle 36 Schülerinnen und Schüler ordnen sich dem weiblichen (n = 23) oder männlichen (n = 13) Geschlecht zuordnen. Auffallend ist, dass in Abbildung 4 die Veränderung bei den männlichen Probanden – ob positiv oder negativ – jeweils stärker ausfällt als bei den Teilnehmerinnen.

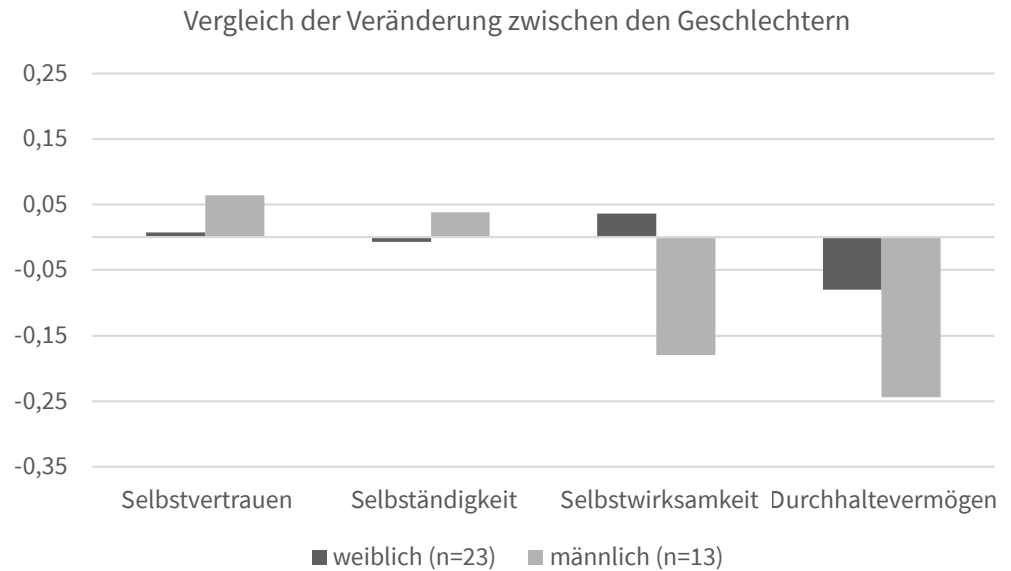


Abb. 4: Vergleich der Veränderung vom Prätest zum Posttest zwischen den Geschlechtern.

Die Durchschnittswerte der Jungen steigen vom Prätest zum Posttest in Bezug auf das Selbstvertrauen und die Selbstständigkeit. Dagegen sinken ihre Durchschnittswerte bei der Selbstwirksamkeit und dem Durchhaltevermögen deutlich. Bei den Mädchen verändern sich die Durchschnittswerte für Selbstvertrauen, Selbstständigkeit und Selbstwirksamkeit kaum, während ihr Wert für Ausdauer ebenso wie der der Jungen abnimmt.

6.2 Ergebnisse der Interviews

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Interviews präsentiert. Zu jeder latenten Variablen wurden drei Fragen gestellt, die im Folgenden zusammengefasst werden. Damit sollen die quantitativen Ergebnisse untermauert werden.

6.2.1 Selbstvertrauen

Die Schüler:innen lernten viel über die Herstellung des Produkts selbst. Ein Kind kannte jedoch bereits die Anwendung, sodass es anlässlich des Kreativmarkts nichts Neues zu lernen gab. Auffallend ist, dass alle Teilnehmer:innen bei der Frage nach dem Gelernten den Fokus auf das Produkt selbst legten und nicht auf zum Beispiel soziale Lernprozesse. Im Alter von zehn bis zwölf Jahren ist ein solches «Meta-Denken» allerdings noch selten und das Produkt ist das, was greifbar und leicht wahrnehmbar ist.

Ausserdem erhielten sie am Markttag viele motivierende Rückmeldungen von den Kund:innen. Dies könnte einer der Gründe sein, warum alle Kinder die Möglichkeit zu schätzen wussten, während ihrer Schulzeit ein kreatives Projekt durchzuführen. Darüber hinaus wurden einige weitere Gründe für die Einführung eines Kreativmarktes in der Schule genannt. Einige sagten, es sei etwas völlig anderes als Schule, andere meinten, es mache einfach Spass und ein Schüler erklärte, es mache Spass, etwas Eigenes zu produzieren. Er sagte, dass es ihm gefalle, dass er endlich seine Ideen in die Tat umsetzen könne.

6.2.2 Selbstständigkeit

Insbesondere auf die Frage, was sie beim nächsten Mal anders machen würden, gaben vier der fünf Kinder an, dass sie mehr Geld verlangen würden, weil sie am Ende fast alles verkauft haben oder weil sie einfach mehr Gewinn machen wollten. Ausserdem war nur eines von fünf Kindern mit dem Produkt unzufrieden, weil weniger Gewinn als gedacht erzielt wurde. Es ist aber nicht nur das Geld, das die Kinder motivierte. Vor allem die Einführung des Kreativmarktes wurde als inspirierend empfunden, da sie eigene Ideen und Vorgehensweisen entwickeln konnten, ohne etwas zu verlieren und die Dinge am Ende auch verkaufen konnten. Alle Interviewten gaben an, das durch den Produktverkauf eingenommene Geld zu sparen. Sie arbeiteten alle zu zweit oder in Gruppen von maximal vier Personen. Es würde mehr Spass machen, zu den Workshops zu kommen und mit jemandem zusammenzuarbeiten. Ausserdem war die Teamarbeit praktischer, weil sie Ideen austauschen und sich gegenseitig bei der Herstellung des Produkts helfen konnten, sodass das Ergebnis besser wurde.

6.2.3 Selbstwirksamkeit

Nur ein Kind gab an, dass es viel Hilfe erhielt und alles umsetzte, was der Coach sagte. Ein Kind gab an, dass es keine Hilfe wollte oder brauchte und daher auch keine Hilfe erhielt. Die übrigen drei Kinder gaben an, dass sie einige Anregungen von den Betreuer:innen oder ihren Eltern erhalten haben, insbesondere bei der Festlegung der Preise. Sie waren jedoch weitestgehend unabhängig und entschieden selbst, welche Anregungen sie umsetzen wollten und welche nicht.

6.2.4 Durchhaltevermögen

Alle Kinder hatten am Ende mehr als eine Idee und mussten ihr Projekt oft kürzen, um sich nicht zu überfordern. Das Brainstorming ging aber schnell voran. Auf die Frage, warum sie motiviert blieben, nannten die Kinder verschiedene Faktoren.

Erstens nannten zwei von ihnen ihre Freunde als einen Schlüsselfaktor oder das Geld, das sie am Ende erhielten. *Zweitens* nannte je ein Kind, ein Produkt zu schaffen und etwas Neues zu lernen. Ein weiterer Motivationsfaktor für einen Schüler war schliesslich, das zu tun, was man möchte.

7. Diskussion

Der vorliegende Beitrag setzte sich das Ziel zu untersuchen, ob und inwiefern ein solches Projekt Einfluss auf das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen hat. In den folgenden Abschnitten werden zuerst die Forschungsfragen beantwortet und anschliessend wird unter Berücksichtigung allfälliger Beschränkungen ein Fazit gezogen.

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen

7.1.1 Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf das Selbstvertrauen von Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?

Die Schüler:innen erhielten viel bestärkendes und positives Feedback von den Kund:innen und lernten viel über die Vermarktung ihres Produkts mittels eines eigenen Marktstandes. Die vielen Ideen der Kinder wurden angenommen und sie konnten ihre eigene Idee in die Tat umsetzen. In den Interviews wurde deutlich, dass die Teilnehmer:innen stolz auf ihr Produkt waren. Die Studie zeigt einen leichten Anstieg im Selbstvertrauen zwischen den zwei Untersuchungszeitpunkten. Dennoch hat die quantitative Untersuchung keinen signifikanten Effekt gezeigt. Gemäss Warrell (2015) erfordert der Aufbau von Selbstvertrauen Mut und vor allem konsequente und immer wiederkehrende Anstrengung. Es könnte sein, dass der Projektzeitraum von rund sechs Wochen zu kurz war, um einen nachhaltigen Effekt zu erzielen.

7.1.2 Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf die Selbstständigkeit von Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?

Die Teilnahme am Projekt könnte sich auf die Selbstständigkeit auswirken, weil es den Kindern die Gewinnerzielung und die Organisation des Gewinns überlässt. Darüber hinaus sollten die Kinder eigene Ideen entwickeln und diese selbstständig umsetzen. Die Ergebnisse des Fragebogens zeigen jedoch, dass keine signifikante Veränderung der Selbstständigkeit nach der Teilnahme am Kreativmarkt festgestellt werden konnte. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass die Kinder immer auf die Hilfe der Betreuer:innen oder der Eltern zählen konnten und somit nie völlig auf

sich allein gestellt waren. Auch ungefragte Ratschläge von Eltern oder Mitwirkenden, welche implizit die Freiheiten einschränken, oder ein geringes Selbstvertrauen sind mögliche Erklärungen für die Ergebnisse, denn für die Förderung der Selbstständigkeit junger Menschen sind Selbstvertrauen und ausreichend Freiheiten zwei wesentliche Faktoren (Frederick 2016).

7.1.3 Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf die Selbstwirksamkeit der Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?

Alle Gruppen wurden von Betreuer:innen und/oder Eltern begleitet und hätten deren Unterstützung in Anspruch nehmen können. Die meisten Kinder gaben im Interview an, dass sie sich von den Betreuer:innen helfen liessen, aber nicht alles umsetzten, was diese sagten. Eine Gruppe kam sogar ganz ohne Hilfe aus. Da sie wenig Hilfe erhielten, kann man davon ausgehen, dass sich die Kinder für ihren eigenen Weg und ihr Endprodukt verantwortlich fühlen. Die Ergebnisse des Fragebogens zeigen jedoch, dass die Variable der Selbstwirksamkeit nach dem Kreativmarkt abgenommen hat – allerdings nicht signifikant. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass es sich hierbei um ein einmaliges Ereignis handelte und eine effektive Steigerung der Selbstwirksamkeit mehr als nur ein Erfolgserlebnis bedingt. Ein weiterer Grund könnte in der Gruppenarbeit liegen. Es ist denkbar, dass die Kinder den Erfolg den anderen Gruppenmitgliedern zuschreiben und nicht sich selbst. Wahrscheinlich ist auch, dass die Schüler:innen Fehlvorstellungen hatten bezüglich den finanziellen Einnahmen und schliesslich unzufrieden mit ihrem Gewinn waren.

7.1.4 Welchen Einfluss hat die Teilnahme am Kreativmarkt auf das Durchhaltevermögen der Schüler:innen der 5. und 6. Klasse?

Die Befragten nannten verschiedene Faktoren, die ihre Motivation während des Projekts beeinflussten. Einerseits wurden extrinsische Motivationsfaktoren wie Freundschaft oder der Gewinn am Ende genannt. Andererseits beeinflussten intrinsische Motivationsfaktoren wie die Schaffung eines Produkts, das Erlernen von etwas Neuem oder die Tatsache, dass man tun konnte, was man wollte, das Durchhaltevermögen der Kinder. Da alle Befragten zumindest einen Teil des Projekts ändern mussten, wurden Fähigkeiten wie Flexibilität und Durchhaltevermögen trainiert. Die Ergebnisse des Fragebogens zeigen jedoch, dass das Durchhaltevermögen im Verlauf des Projekts abgenommen hat. Dies könnte unter anderem auf den externen Motivationsfaktor des Gewinns zurückzuführen sein, der sich nicht immer wie erhofft einstellte. Vermutlich wurde die mit der Teilnahme verbundene Arbeit von den Kindern auch zunächst unterschätzt und möglicherweise konnten sie nicht alle ihre Vorstellungen im Projektzeitraum umsetzen.

7.1.5 Kann ein Unterschied in der Wirkung in Abhängigkeit der drei Schulen festgestellt werden?

Es existieren Unterschiede zwischen den Schulen, doch diese sind nicht signifikant genug, um eine eindeutige Aussage zwischen den verschiedenen Bildungseinrichtungen zu treffen. Die möglichen Ursachen für diese Unterschiede sind lediglich Vermutungen, da die vorliegende Studie nicht ausreichend untersucht hat, in welchen Bereichen sich die Schulen konkret voneinander unterscheiden.

Die Recherche über die demografische Zusammensetzung der teilnehmenden Kinder aus den drei Primarschulen ergab keine Ergebnisse und wurde nicht erhoben. Daher können keine Gemeinsamkeiten oder Unterschiede festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung könnten Unterschiede in der Vorbereitung auf das Projekt sein, da Schüler:innen je nach Schule bereits Erfahrungen im Projektunterricht gesammelt haben könnten. Ausserdem könnte das Projekt, welches in der Freizeit stattgefunden hat, unterschiedlich stark in den Schulalltag integriert gewesen sein. Eine weitere Studie, die sich eingehender mit möglichen Gründen für Unterschiede beschäftigt, wäre äusserst interessant.

7.1.6 Kann ein Unterschied in der Wirkung in Abhängigkeit des Geschlechts festgestellt werden?

Die befragten Schüler zeigten im Vergleich zu den Schülerinnen bei allen vier untersuchten Variablen sowohl positive als auch negative Veränderungen, die deutlicher ausgeprägt waren. Insbesondere bei Selbstvertrauen und Selbstständigkeit schnitten die Jungen besser ab als die Mädchen, was mit genderspezifischen Unterschieden in der Selbsteinschätzung zu tun haben könnte. Bei der Selbstwirksamkeit zeigten die Schülerinnen im Durchschnitt eine positive Veränderung, während die Schüler eine negative Veränderung zeigten. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass Frauen dazu neigen, sorgfältiger zu arbeiten, damit ihr Marktstand am Ende schön aussieht. Dies führt zu mehr Komplimenten oder sogar zu mehr Gewinn, was ihnen wiederum ein gutes Gefühl gibt. Das Durchhaltevermögen beider Geschlechter nahm ab, wobei jenes der Jungen deutlich stärker abnahm als jenes der Mädchen. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass Mädchen besser mit Misserfolgen und dergleichen umgehen können beziehungsweise insgesamt resilienter sind als Jungen (Bröckling 2016). Dennoch sind weitere Untersuchungen zu diesem Thema erforderlich, um weitere mögliche Erklärungen zu finden und die Vermutungen zu bestätigen.

7.2 Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass die Einflüsse der aktiven Teilnahme am Projekt Kreativmarkt weniger stark sind als erwartet. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass eine solche einmalige Erfahrung nicht für eine starke positive Veränderung ausreicht. Obwohl die Ergebnisse des Fragebogens zeigen, dass die aktive Teilnahme am «Kreativmarkt» keinen signifikant positiven oder negativen Einfluss auf das Selbstvertrauen, die Selbstständigkeit, die Selbstwirksamkeit und das Durchhaltevermögen der Kinder hatte, zeigen die Daten aus den Interviews, dass es eine gute Erfahrung war, die sie weiterempfehlen würden. Wie andere Untersuchungen zeigen konnten, können sich solche Erfahrungen, dass man selbst etwas schaffen kann, positiv auf das Leben auswirken (Studdard, Dawson, und Jackson 2013). Das Projekt hatte nicht nur einen finanziellen, sondern auch einen persönlichen und sozialen Mehrwert für die Schüler:innen.

Weiterhin konnten Unterschiede zwischen den Schulen und den Geschlechtern festgestellt werden, obschon diese aufgrund der geringen Stichprobengrösse nicht aussagekräftig sind. Diese Unterschiede gilt es in nachfolgenden Studien genauer zu untersuchen und Gründe auszumachen.

Insgesamt ziehen die Autoren dennoch ein positives Fazit. Durch das Projekt konnten die Schüler:innen erste Erfahrungen in verschiedenen Bereichen sammeln, erlernten neue Fähigkeiten und schafften es gemeinsam, rund 350 Besucher:innen anzulocken und diesen ihre selbst entwickelten und hergestellten Produkte zu verkaufen: ein erster Schritt, an Fähigkeiten zu arbeiten, um ihre Ziele zu erreichen, Herausforderungen zu bewältigen und das eigene Potenzial zu entfalten.

7.2.1 Beschränkungen

Einschränkungen in Bezug auf Forschungsdesign und Methodik haben Einfluss auf die Ergebnisse und werden daher in diesem Abschnitt erläutert. *Erstens* spiegelt die Stichprobe in keiner Weise die betroffene Allgemeinbevölkerung wider, da die Zahl der Proband:innen zu gering ist. *Zweitens* ist die Stichprobe mit $n = 36$ von insgesamt 82 Teilnehmenden aufgrund verschiedener Faktoren eher gering und die am Projekt beteiligten Schulen werden in der Stichprobe nicht gleichmässig repräsentiert. *Drittens* wurde das Forschungsdesign ohne eine Kontrollgruppe durchgeführt. Folglich können Veränderungen, die nicht auf den Kreativmarkt, sondern auf andere Faktoren zurückzuführen sind, nicht ausgeschlossen werden.

7.2.2 Ausblick und weitere Forschung

Der weitere Verlauf dieses Projekts ist unklar. Eine mögliche Idee ist, solche kreativen Projekte mit einem realen Verkauf am Ende in die Schulen zu integrieren. Die Untersuchung von Forschungsthemen wie «Wie kann ein solcher Markt in Schulen durchgeführt werden?» oder «Die Einstellung von Lehrpersonen, Eltern und Kindern zu solchen Projekten» könnte diese Idee beschleunigen.

Das Projekt wurde mit Primarschulkindern durchgeführt. Es könnte auch mit Jugendlichen der Sekundarstufe untersucht werden, um sie auf die obligatorische Projektarbeit in der 9. Klasse vorzubereiten und vor allem ihre Selbstständigkeit in Bezug auf die Ausbildung zu stärken.

Literaturverzeichnis

- Andres, Ieva. 2018. «Making und Coding im schulischen Kontext – Potentiale, Chancen und Herausforderungen». <https://www.medienpaedagogik.uni-mainz.de/files/2018/06/bachelorarbeit-ieva-andres3172.pdf>.
- Bandura, Albert. 1977. «Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change». *Psychological review* 84 (2): 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.84.2.191>.
- Bandura, Albert. 1986. «Fearful Expectations and Avoidant Actions as Coeffects of Perceived Self-Inefficacy». *American Psychologist* 41 (12): 1389–91. <https://doi.org/10.1037/0003-066x.41.12.1389>.
- Bröckling, Ulrich. 2016. «Gut angepasst? Belastbar? Widerstandsfähig? Resilienz und Geschlecht». In *Handbuch Therapeutisierung und Soziale Arbeit*, herausgegeben von Roland Anhorn und Balzereit, 391–408. Wiesbaden: Springer.
- Brunner, Reinhard, und Wolfgang Zeltner. 1980. *Lexikon zur pädagogischen Psychologie und Schulpädagogik: Entwicklungspsychologie, Lehr- und Lernpsychologie, Unterrichtspsychologie ...* München: Ernst Reinhard.
- «Cambridge Dictionary». 2023. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/lexikon-zur-paedagogischen-psychologie-und-schulpaedagogik-entwicklungspsychologie>.
- Cherry, Kendra. 2007. «Self Efficacy and Why Believing in Yourself Matters». *Verywell Mind*, 22. April 2007. <https://www.verywellmind.com/what-is-self-efficacy-2795954>.
- Christensen, Rhonda, und Gerald Knezek. 2014. «Comparative measures of grit, tenacity and perseverance». *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* 8 (1): 16–30. <http://ijlter.net/index.php/ijlter/article/download/1153/1159>.
- Compen, Boukje, Kristof de Witte, und Wouter Schelfhout. 2019. «The role of teacher professional development in financial literacy education: A systematic literature review». *Educational Research Review* 26:16–31. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.12.001>.

- Dankbaar, Mary E. W., Jelmer Alsma, Els E. H. Jansen, Jeroen J. G. van Merriënboer, Jan L. C. M. van Saase, und Stephanie C. E. Schuit. 2016. «An experimental study on the effects of a simulation game on students' clinical cognitive skills and motivation». *Advances in health sciences education: theory and practice* 21 (3): 505–21. <https://doi.org/10.1007/s10459-015-9641-x>.
- Dougherty, Dale. 2013. «The Maker Mindset». In *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*, herausgegeben von Margaret Honey und David Kanter, 25–29. New York, NY: Routledge.
- Floris, Michela, und Daniela Pillitu. 2019. «Improving Entrepreneurship Education in Primary Schools: A Pioneer Project». *IJEM* 33 (6): 1148–69. <https://doi.org/10.1108/IJEM-09-2018-0283>.
- Flowers, Jim, Cale Rauch, und Alexander Wierzbicki. 2019. «Teaching Upcycling to Impact Environmental Attitudes». *JTE* 30 (1): 30–45. <https://doi.org/10.21061/jte.v30i1.a.2>.
- Frederick, Christine. 2016. «Self-Reliance Is Important, But Why?». Zugriff am 1. März 2023. <https://www.mathgenie.com/blog/self-reliance-is-important-but-why>.
- Garaika, Garaika, und Helisia Margahana. 2019. «Self efficacy, self personality and self confidence on entrepreneurial intention: Study on young enterprises». *Journal of Entrepreneurship Education* 22 (1). https://www.researchgate.net/publication/331688805_Self_efficacy_self_personality_and_self_confidence_on_entrepreneurial_intention_Study_on_young_enterprises.
- Geisinger, Kurt F. 2016. «21st Century Skills: What Are They and How Do We Assess Them?». *Applied Measurement in Education* 29 (4): 245–49. <https://doi.org/10.1080/08957347.2016.1209207>.
- Gist, Marilyn E. 1987. «Self-Efficacy: Implications for Organizational Behavior and Human Resource Management». *The Academy of Management Review* 12 (3): 472. <https://doi.org/10.2307/258514>.
- Hatch, Mark. 2013. *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers*. New York: McGraw Hill Education.
- Hill, Thomas, Nancy D. Smith, und Millard F. Mann. 1987. «Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: The case of computers». *Journal of Applied Psychology* 72 (2): 307–13. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.72.2.307>.
- Ingold, Selina, und Björn Maurer. 2020. *Making, Schule und Digitale Mündigkeit. Teil 3: Forschungsbericht: MakerSpace – Raum für Kreativität. Ein Design-Based Research-Projekt zur partizipativen Entwicklung einer Making-Lernumgebung in einer Primarschule*.
- Jacob, Carmen. 2021. «Why is Self Confidence Important? – Experts' Advice». Zugriff am 1. März 2023. <https://upjourney.com/why-is-self-confidence-important>.
- Jerusalem, M. und R. Schwarzer. 2003. «SWE – Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung». *Leibniz-Institut für Psychologie (ZPID)*. <https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.4515>.

- Judge, T. A., und J. E. Bono. 2001. «Relationship of Core Self-Evaluations Traits – Self-Esteem, Generalized Self-Efficacy, Locus of Control, and Emotional Stability – with Job Satisfaction and Job Performance: A Meta-Analysis». *Journal of Applied Psychology* 86 (1): 80–92. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.1.80>.
- Kolb, David A. 1984. *Experimental learning: Experience as the source of learning and development* 1. Englewood Cliffs, London: Prentice-Hall. https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development.
- Konstantinou, Dora, Antigoni Parmaxi, und Panayiotis Zaphiris. 2021. «Mapping research directions on makerspaces in education». *Educational Media International* 58 (3): 223–47. <https://doi.org/10.1080/09523987.2021.1976826>.
- Latham, Gary P. und Edwin A. Locke. 1991. «Self-regulation through goal setting». *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2): 212–47. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90021-K](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90021-K).
- Markway, Barbara G., und Celia Ampel. 2018. *The self-confidence workbook: A guide to overcoming self-doubt and improving self-esteem*. Emeryville, CA: Althea Press.
- Mayring, Philipp, und Thomas Fenzl. 2019. «Qualitative Inhaltsanalyse». In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, 633–48. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42.
- Meindl, Maria, Désirée Obitz, und Andrea Orendi. 2008. *Leistungsmotivation in Zusammenhang mit Selbstständigkeit, Geschlecht und elterlichem Einfluss*. <https://epub.uni-regensburg.de/3368/1/lukesch9.pdf>.
- Moore, Catherine. 2019. «What is Self-Reliance and How to Develop It?». *PositivePsychology.com*, 15. April 2019. <https://positivepsychology.com/self-reliance/>.
- Omer Attali, Moriah, und Miri Yemini. 2017. «Initiating consensus: stakeholders define entrepreneurship in education». *Educational Review* 69 (2): 140–57. <https://doi.org/10.1080/00131911.2016.1153457>.
- Rigotti, Thomas, Birgit Schyns, und Gisela Mohr. 2008. «A Short Version of the Occupational Self-Efficacy Scale: Structural and Construct Validity Across Five Countries». *Journal of Career Assessment* 16 (2): 238–55. <https://doi.org/10.1177/1069072707305763>.
- Santulli, Carlo, und Valentina Rognoli. 2020. «Material tinkering for design education on waste upcycling». *Design and Technology Education: an International Journal* 25 (2): 50–73. <https://ariadnestaging.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2713>.
- Saroughi, Hessam, Sanwar Sunny, Jeffrey Hornsby, und Stephanie Fernhaber. 2019. «Design Thinking and Entrepreneurship Education: Where Are We, and What Are the Possibilities?». *Journal of Small Business Management* 57 (sup1): 78–93. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12541>.
- Schaffner, Anna Katharina. 2020. «Perseverance in Psychology: Meaning, Importance & Books». *PositivePsychology.com*, 16. September 2020. <https://positivepsychology.com/perseverance/#character-strength>.


- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr. 2020. *Werkzeugkoffer «Making in der Schule»: Einführung und Praxisprojekte*.
- Studdard, Nareatha L., Maurice Dawson, und Naporshia L. Jackson. 2013. «Fostering Entrepreneurship and Building Entrepreneurial Self-Efficacy in Primary and Secondary Education». *Creative and Knowledge Society* 3 (2): 1–14. <https://doi.org/10.2478/v10212-011-0033-1>.
- Tomášková, Hana, Hana Mohelská, und Zuzana Němcová. 2011. «Issues of Financial Literacy Education». *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 28:365–69. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.069>.
- Ukah, Timothy Andah, und Cletus Akpo Atah. 2021. «Entrepreneurship skills development and self-reliance motive». *World Journal of Entrepreneurial Development Studies* 6 (1): 43–52. <https://www.iiardjournals.org/get/wjeds/vol.%206%20no.%201%202021/entrepreneurship%20skills%20development.pdf>.
- Warrell, Margie. 2015. «Use It Or Lose It: The Science Behind Self-Confidence». *Forbes*, 27. Februar 2015. <https://www.forbes.com/sites/margiewarrell/2015/02/26/build-self-confidence-5strategies/?sh=4c7102ab6ade>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Hack your Curricula

Making im Fachunterricht mit Lernzielvorgaben verknüpfen

Mirek Hančl¹ 

¹ Lessing-Gymnasium Uelzen

Zusammenfassung

Um Making auch im Fachunterricht, der einen hohen Lehrplanbezug aufweist, umsetzen zu können, ist aus Sicht einer Lehrperson eine Öffnung des Unterrichts, verbunden mit dem schrittweisen Verlassen der «curricularen Komfortzone», notwendig. Diese Öffnung kann auf verschiedene Arten wie Making im fächerübergreifenden Unterricht, Making im Projektbasierten Lernen (PBL) und «Making Vanilla» mit jeweils unterschiedlicher Distanz zur «curricularen Komfortzone» und unterschiedlicher Berücksichtigung vorgegebener Lernziele stattfinden. Es ist empfehlenswert, die Sichtbarkeit der Lernziele im Making im Voraus zu überdenken. Ob die Lernziele versteckt, offen, oder beliebig montiert sind, legt die Mitbestimmungsfähigkeit der Schüler:innen beim Making bereits in der Vorbereitung des Unterrichtsvorhabens, aber auch den Lehrplanbezug selbst fest. Um einen gemeinsamen Standpunkt zum Making zu definieren, eignen sich verschiedene Vorgehensweisen zum Verbinden der Lernziele aus verschiedenen Fachbereichslehrplänen. Offensichtliche Querverweise zu Lernzielen, gleiche Themen für Lernziele, ähnliche Operatoren in Lernzielen und zufällige Kombinationen von Lernzielen bieten unterschiedlich kreative, für die Lehrperson auch unterschiedlich «komfortable», problemorientierte Fragestellungen für Making-Vorhaben und -Projekte an. Methoden des Design Thinking sind gut geeignet, solche problemorientierten Fragestellungen zu finden, seien es Alltagsphänomene oder andere authentische Probleme.

Hack Your Curricula. Making in Interdisciplinary Projects

Abstract

In order to be able to implement Making in subject lessons, which have a high curricular relevance, it is necessary for teachers to open up their lessons and gradually leave the «curricular comfort zone». This opening can take place in different ways, such as Making in interdisciplinary teaching, Making in project-based learning (PBL), and «Making Vanilla», each with a different distance to the «curricular comfort zone» and different consideration of given learning goals. It is advisable to think about the visibility of the learning

objectives in Making activities in advance. Whether the learning objectives are hidden, open, or arbitrarily mounted, determines the co-determination of the students in Making already in the preparation of the project. To define a position on cross-curricular Making, different approaches to linking learning objectives from different subject area curricula are suitable. Obvious cross-references to learning objectives, same topics for learning objectives, similar operators in learning objectives, and random combinations of learning objectives offer differently creative, and for the teacher also differently «comfortable», problem-oriented questions for Making activities. Design Thinking methods are well suited to find authentic, problem-oriented questions.

1. Einleitung und Aufbau des Artikels

Lehrpläne und schulinterne Arbeitspläne geben Unterrichtsthemen und Lernziele vor, lassen Lehrpersonen aber aus guten Gründen freie Hand in der Umsetzung mit ihren Lerngruppen. Dabei können sich «curriculare Komfortzonen» entwickeln und verstetigen, in denen für bestimmte Lernziele stets die gleichen Unterrichtsmethoden verwendet werden. Insbesondere leitende und lenkende Formate wie Frontalunterricht oder Lernen an Stationen geben den Lehrpersonen Stabilität und Kontrolle über den Lernprozess der Lernenden, denn je offener das Unterrichtsformat ist, umso stärker sind Lehrpersonen gefordert, auf Unsicherheit und Unwägbarkeiten flexibel zu reagieren (Peschel 2002). Sie nehmen dabei eine gleichberechtigte Lernendenrolle neben ihren Schüler:innen ein und legen gleichsam zum Unterrichtsformat offen, dass sie auch nicht auf alles ad hoc eine Antwort geben können (und auch nicht müssen). Diese offene Haltung gegenüber Schüler:innen, nicht auf jedes Problem sofort eine vorbereitete verbale Antwort zu geben, sondern sie einzuladen, ihre eigenen Ideen zu realisieren und greifbar zu machen, ist ein wesentlicher Grundgedanke der Maker Education.

Um Making-Vorhaben im Fachunterricht zu planen und durchzuführen, müssen in erster Konsequenz der Unterricht geöffnet und möglicherweise «curriculare Komfortzonen» verlassen werden. Hierfür werden im zweiten Kapitel drei Möglichkeiten zur Unterrichtsöffnung mit Making in Beziehung gesetzt und vom Autor tendenziell zur «curricularen Komfortzone» und den Lernzielvorgaben in Relation gesetzt (s. Kap. 2).

In zweiter Konsequenz ist die Berücksichtigung und Verknüpfung von Lernzielvorgaben schon in der Vorbereitung des Making-Vorhabens notwendig. Im dritten Kapitel werden hierzu drei Varianten vorgestellt, wie Lernziele in Making-Aktivitäten unterschiedlich fokussiert berücksichtigt werden können (s. Kap. 3).

Wird Making im fächerübergreifenden Unterricht oder in ähnlich gelagerten Projekten durchgeführt, lassen sich die Lernziele der zu berücksichtigenden Lehrpläne durch Matchmaking miteinander verknüpfen. Dafür werden im vierten Kapitel vier

verschiedene Möglichkeiten des Matchmakings mit zunehmender Distanz zur «curricularen Komfortzone» vorgestellt, um geeignete Schnittstellen zwischen den Lehrplänen zu finden. Vor der Umsetzung von Lösungsideen zur gewählten Schnittstelle in Making-Projekten ist eine vorherige Ideenbewertung hilfreich. Hierzu wird am Ende des dritten Kapitels ein geeignetes Werkzeug des Design Thinking-Prozesses vorgestellt. Design Thinking wird zunehmend im Kontext von Schule als Konzept wahrgenommen und eingesetzt (vgl. Häusslein 2023) (s. Kap 4).

Der Artikel schliesst mit einer kurzen Zusammenfassung (s. Kap. 5).

2. Möglichkeiten zur Öffnung des Fachunterrichts

Drei beispielhafte Möglichkeiten, «curriculare Komfortzonen» bewusst zu umgehen und den eigenen Unterricht zu öffnen, sind fächerübergreifender Unterricht, Projektbasiertes Lernen (PBL) und «Making Vanilla».

Im fächerübergreifenden Unterricht werden Alltagsphänomene interdisziplinär beleuchtet und betrachtet, sodass eine intensivere und zugleich vielseitigere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand erfolgen kann, als es lediglich von einer Fachdisziplin ausgehend möglich wäre (vgl. Labudde 2004). Im Lehrplan 21 der 21 deutsch- und mehrsprachigen Kantone in der Schweiz finden sich hierfür an geeigneten und offensichtlichen Stellen Marginalien mit Querverweisen zu anderen Fachbereichen. Das Verlassen der «curricularen Komfortzone» fusst auf den notwendigen «[...] Absprachen und [...] (der) Zusammenarbeit mit Lehrpersonen aus anderen Fachbereichen [...]» (D-EDK 2016, 255) wie dem Abgleich der Stundentafeln, dem Finden gemeinsamer Lernziele und den notwendigen Absprachen bei der Leistungsbewertung, insbesondere bei obligatorischen schriftlichen Lernleistungen, wenn diese formal durchzuführen sind. Dagegen ist eine der grössten Chancen, die Maker Education bietet, die intensive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand im Sinne des Piagetschen Konstruktivismus und des darauf aufbauenden Papertschen Konstruktionismus (Blikstein 2013, 208).

Projektbasiertes Lernen (PBL) öffnet den Unterricht durch eine – im Idealfall von den Lernenden selbst gestellte – offene Leitfrage zu einem authentischen Problem. Dieses Problem kann intradisziplinär oder interdisziplinär gelagert sein und in unterschiedlich starke Wechselwirkung mit der Lebenswelt der Schüler:innen treten. PBL fordert das Erstellen von Artefakten ein, legt den Fokus aber auf den Lernprozess, der nicht mehr auf den Präsenzunterricht beschränkt sein muss.

Ein Artefakt ist im Sinne einer gegenwarts- und bildungssprachlichen Bedeutung ein «von Menschen künstlich geschaffener (materieller oder immaterieller) Gegenstand» (DWDS 2021). Die in Making-Projekten entstehenden Artefakte müssen nicht notwendigerweise greifbare, stoffliche Gegenstände sein. Auch mithilfe digitaler Technologien produzierte, jedoch nicht materialisierte (Digitalbilder, virtuelle

3D-Objekte usw.) oder materialisierbare (Computerprogramme, Videoanimationen usw.) Gegenstände sind allesamt als Artefakte aufzufassen. Hierzu bietet die OMG Unified Modeling Language eine domänenspezifische, aber hilfreiche Definition des Artefakt-Begriffs:

«An Artifact represents some (usually reifiable) item of information that is used or produced by a software development process or by operation of a system. Examples of Artifacts include model files, source files, scripts, executable files, database tables, development deliverables, word-processing documents, and mail messages.» (OMG 2017, 654)

Beiden Definitionen folgend und aufgrund der nicht nur im Bildungsbereich verbreiteten Verwendung digitaler Technologien im Making, sieht der Autor daher als Ergebnis eines Making-Projekts sowohl greifbare, physische, reale Gegenstände als auch digitale, virtuelle, programmierte Gegenstände als Artefakte an.

Das Erstellen von Artefakten entspricht dabei dem Making-Gedanken, durch einen kreativen Schaffensprozess eigene Ideen greifbar zu machen und schon im Prozess des Entstehens eigene Gedanken und Vorstellungen mit anderen zu teilen. Auch die im PBL obligatorische Phase des abschliessenden Präsentierens ist für Making-Vorhaben förderlich, um das Ergebnis (Artefakt) des Schaffensprozesses (Lernprozesses) zu würdigen. Auch werden durch Kollaboration mit anderen schul-externen Akteuren und die Verwendung von Werkzeugen und Techniken, die weit über den (Fach-)Unterricht hinaus gehen, nicht nur Engagement und Motivation von den Lernenden, sondern insbesondere von der Lehrperson gefordert, welche die Schüler:innen im Lernprozess eher begleitet als anleitet. Die Offenlegung des eigenen Kompetenzstands, auch des Kompetenzstands der Lehrperson, wird im PBL sichtbar, die eigene Haltung hierzu und zur Lernbereitschaft ebenfalls, wodurch die «curriculare Komfortzone» besonders deutlich verlassen wird.

Mit «Making Vanilla» ist vom Autor Making in seiner Reinform gemeint, also das blosses Machen ohne lehrplanbezogene Lernziele im Fokus. «Vanilla» bezeichnet als Adjektiv insbesondere im anglo-amerikanischen Raum umgangssprachlich Dinge, welche nicht voneinander unterscheidbar sind, da sie in einer einfachen, ordinären, konventionellen Grundausstattung und ohne besondere Funktion zur Verfügung stehen (Merriam-Webster 2023) wie bspw. mehrere gleiche Fahrzeugmodelle in der einfachsten Grundausstattung. Seit den 1980er-Jahren wird der Ausdruck zunehmend auch mit Hardware und Software in Verbindung gebracht (Wilkins 1984). So ist mit «plain vanilla» Software jene gemeint, die in ihrer Ur-Version, mit ihrem ursprünglichen, reinen Funktionsumfang, standardmässig vom Hersteller ausgeliefert wird und nicht durch Plug-Ins, Erweiterungen oder Modifikationen verändert ist. Zur Begriffsentwicklung sei insbesondere auf Murrell-Harvey verwiesen (Murrell-Harvey 2021). Der Begriff «Vanilla» zielt auf die Geschmacksrichtung Vanille ab, die man laut

Überlieferung beim Kauf einer Eiscreme in den USA ohne weitere Angabe erhält, und man erhält ein Eis ohne weitere Geschmacksrichtungen oder Dekorelemente wie Streusel oder Waffelscheiben (Domke 2022).

Obgleich «Vanilla» suggeriert, dass bestimmte Funktionen nicht im Produkt vorhanden sind, soll «Making Vanilla» die positiv konnotierte Bedeutung widerspiegeln, dass Making in Reinform auch ohne besonderen Schnickschnack und teure Werkzeuge auskommen kann. «Making Vanilla» enthält die bekannten Making-Elemente des Produzierens von Artefakten, des kollaborativen und kommunikativen Schaffensprozesses und des Präsentierens von Lernfortschritten, erfordert jedoch eine massive Öffnung des Unterrichts hin zur Übertragung von Entscheidungsprozessen in die Hände der Schüler:innen, insbesondere den Prozess der thematischen Entscheidungsfindung. Ein Verlassen der «curricularen Komfortzone» ist somit obligatorisch.

In Abgrenzung zum Making im fächerübergreifenden Unterricht muss «Making Vanilla» nicht zwingend einer interdisziplinären Leitfrage folgen, denn oftmals werden im Making spannende Fragen erst durch einen inzidentellen, kreativen Schaffensprozess gefunden. Zudem wird Fachwissen benutzt, aber oft nicht so wissenschaftlich vertieft wie im klassischen Fachunterricht (Clapp et al. 2016, 50). Daher ist bei «Making Vanilla» im direkten Vergleich zu Making im fächerübergreifenden Unterricht ein Bezug zu Lehrplanvorgaben möglich, aber nicht zwingend.

Während Projektbasiertes Lernen (PBL) üblicherweise einem ausgearbeiteten Rahmenwerk mit festgelegten Regeln (Markula und Aksela 2022) oder allgemeiner formuliert bestimmten «PBL-Designprinzipien» folgt (Condliffe et al. 2017), können Making-Projekte ganz im Wortsinne in Form von PBL mit den entsprechenden, idealerweise mit den Schüler:innen gemeinsam vereinbarten, Designprinzipien und Regeln durchgeführt werden. Diese gemeinsame Vereinbarung sollte auch die im PBL zu erreichenden Lernziele des Lehrplans beinhalten. Ein solches Vorgehen schafft Verbindlichkeit und Verlässlichkeit zwischen der Lehrperson und den Schüler:innen beim Öffnen des Fachunterrichts für authentische Projekte und beim Verlassen der «curricularen Komfortzone».

Nach der unterrichtlichen Erfahrung des Autors ergeben sich im Vergleich für Making-Aktivitäten im fächerübergreifenden Unterricht, im Projektbasierten Lernen und in Form von «Making Vanilla» folgende Tendenzen (Tabelle 1):

	Making im fächerübergreifenden Unterricht	Making im PBL	«Making Vanilla»
Bezug zu Lehrplanvorgaben	hoch	möglich bis gering	fakultativ
Verlassen der «curricularen Komfortzone»	gering bis mittel	hoch	obligatorisch

Tab. 1: Vergleich von Tendenzen von Making-Aktivitäten in Form von fächerübergreifendem Unterricht, Projektbasierten Lernen und «Making Vanilla».

3. Umgang mit Lernzielen beim Making

Making im fächerübergreifenden Unterricht und im PBL sind eng an die Lehrplanvorgaben gebunden. Es gilt, vorgegebene und geeignete Lernziele in den Lernprozess so zu integrieren, dass der Spagat zwischen den Lehrplanvorgaben einerseits, den Vorstellungen der Schüler:innen andererseits im, mit und durch Making gelingt. Während «Making Vanilla» sich innerhalb der Schule in von formalen Bewertungssituationen befreiten Formaten wie Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen usw. leicht umsetzen lässt, ist besagtes Making in Reinform im Fachunterricht ein scheinbares Paradoxon. Beliebigkeit im kreativen Schaffen und gleichzeitig fehlende Lehrplanvorgaben stehen zunächst im offenen Widerspruch zueinander. Um deshalb Lernzielvorgaben beim Making zu berücksichtigen, sind je nach Verlassen der «curricularen Komfortzonen» und gewählter Möglichkeit (fächerübergreifender Unterricht, PBL, «Making Vanilla») folgende Varianten denkbar:

Variante A: Stealth Learning

Die Lehrperson integriert die Lernziele nicht sichtbar in die Aufgabenstellung des Making-Vorhabens und hat dadurch eine mittlere bis hohe Sicherheit, in der «curricularen Komfortzone» zu bleiben. Diese Variante ist besonders geeignet für Making im fächerübergreifenden Unterricht, insbesondere bei projektartigen Vorhaben.

Variante B: Connected Learning

Die Schüler:innen suchen gemeinsam mit der Lehrperson und ggf. externen Stakeholdern die Lernziele aktiv mit aus, die für das Making-Vorhaben oder -Projekt passen. Die Lehrkraft hat eine geringe bis mittlere Sicherheit, in der «curricularen Komfortzone» zu bleiben. Diese Variante ist geeignet für Making im fächerübergreifenden Unterricht und besonders für PBL.

Variante C: Lernziel-Bingo

Die Lehrperson und die Schüler:innen evaluieren und erfahren am Ende des Making-Projekts gemeinsam, welche Lernziele erreicht wurden. Dadurch hat die Lehrperson nur eine geringe bis keine Sicherheit, in der «curricularen Komfortzone» zu bleiben. Diese Variante ist geeignet für «Making Vanilla» und bedingt geeignet für PBL.

Variante C wird aufgrund von Lehrplanvorgaben im Regelunterricht nicht auf breite Zustimmung treffen, setzt sie doch eine massive Öffnung des Unterrichts voraus. Für Variante A und B lassen sich trotz eines notwendigen «Ausbrechens» aus den Lehrplänen der einzelnen Fächer mit verschiedenen, leicht durchführbaren Verfahren (Matchmaking) Standpunkte finden, die Making-Vorhaben und -projekte in fächerübergreifendem Unterricht und PBL erlauben. Im Matchmaking werden die Lernziele der verschiedenen Lehrpläne rekombiniert, um Ideen für kreative, oftmals niedrigschwellige Making-Projekte zu produzieren. Mit dem Ansatz, Schnittstellen und Barrieren zwischen den Curricula verschiedener Unterrichtsfächer zu entdecken und darauf aufbauend die Umsetzung von Making-Projekten zu planen, kann das fächerzentrierte Denken aufgebrochen und Interdisziplinarität in der Schule ermöglicht werden. Auch der Aspekt, von den Schüler:innen die Interdisziplinarität selbst im PBL entdecken und entwickeln zu lassen, ermöglicht eine im Unterricht umsetzbare Form partizipativen und demokratischen Lernens.

4. Schnittstellen und Barrieren zwischen Lehrplänen

Um einen Standpunkt zum fächerübergreifenden Making zu definieren, also Schnittstellen und Barrieren zwischen Lehrplänen zu finden, sind folgende Varianten des Matchmakings möglich:

Matchmaking 1: Querverweise zu anderen Fachbereichen nutzen

In den Fachbereichslehrplänen finden sich in Marginalien Querverweise zu anderen Fachbereichen. Diese lassen sich für fächerübergreifendes Making nutzen.

Beispiel: Im Fachbereichslehrplan Deutsch, Abschnitt D1 A, wird ein Querverweis zu «EZ – Räumliche Orientierung (4)» gegeben (D-EDK 2016, 71). In diesem entwicklungsorientierten Zugang (EZ) zum Fachbereichslehrplan Deutsch und zu Plänen weiterer Fächer machen Schüler:innen Erfahrungen im Raum ihrer Umgebung und lernen so, sich zu orientieren. In Bezug zum Fachbereichslehrplan Deutsch können sie «[...] Räume aus ihrer Lebenswelt und Fantasie (zeichnen und beschreiben) und

[...] einfache Darstellungen von Räumen (z. B. Pläne, Krokis,¹ Fotos) (lesen und verstehen)» (D-EDK 2016, 44f.). Passend zur sprachlichen Beschreibung ist in einer Making-Aktivität das Bauen eines Raummodells denkbar.

Matchmaking 2: Gemeinsames Thema finden

In den Lehrplänen finden sich gleichlautende Themen wieder. Diese beinhalten eine Vielzahl von Lernzielen mit Querverweisen, aber auch viele Lernziele ohne. Letztere lassen sich für Matchmaking dennoch nutzen, indem sie nur ein kleines Bindeglied benötigen.

Beispiel: Das Thema «Sprache(n) im Fokus» ist im Fachbereichslehrplan Deutsch unter D.5 und im Fachbereichslehrplan Englisch als 1. Fremdsprache unter FS1E.5 aufgeführt (D-EDK 2016, 93 u. 119). Die unter Punkt FS1E.5.B.1 aufgelisteten Lernziele zum Wortschatz in Englisch («Die Schülerinnen und Schüler verfügen über einen angemessenen Wortschatz, um sich mündlich und schriftlich zu äussern» (D-EDK 2016, 68)) lassen sich mit den unter Punkt D.5.D.1 aufgelisteten Lernzielen zu Grammatikbegriffen in Deutsch («Die Schülerinnen und Schüler können Grammatikbegriffe für die Analyse von Sprachstrukturen anwenden» (D-EDK 2016, 94)) beispielsweise über ein von ihnen selbst entwickeltes Zuordnungsspiel als Bindeglied verknüpfen. Die genannten Lernziele haben selbst keinen Querverweis.

Matchmaking 3: Ähnliche Lernzieloperatoren finden

Die Lernzieloperatoren in den unterschiedlichen Lehrplänen lauten je nach Disziplin unterschiedlich. Oft lassen sich aber Synonyme finden, welche ermöglichen, die verschiedenen Lernziele über die «Denk-, Arbeits-, und Handlungsweise» (D-EDK 2016, 266) zu verbinden.

Beispiel: Die Handlungsweise «beschreiben» im Abschnitt «Die Welt wahrnehmen» wird im Fachbereichslehrplan «Natur, Mensch, Gesellschaft» (NMG) mit dem Synonym «darüber sprechen» erläutert. Dieses findet sich im Fachbereichslehrplan Deutsch wieder: Abschnitt D.6.B.1; «Die Schülerinnen und Schüler können Erfahrungen sammeln mit literarischen Texten (z. B. Lied, Vers, Bilderbuch, Märchen, Audio-text, Film) aus der eigenen Kultur und aus anderen Kulturen und unter Anleitung darüber sprechen» (D-EDK 2016, 100).

1 Ein Krokis ist eine nicht massstabgerechte Freihandskizze eines Geländes.

Matchmaking 4: Un-mögliche Kombination / <Worst Possible Idea> kreieren

Durch das Auswählen und Kombinieren von Lernzielen aus zwei verschiedenen Lehrplänen per Zufallsprinzip erscheint zunächst die Unmöglichkeit vorbestimmt, ein geeignetes Making-Vorhaben oder -Projekt zu realisieren. Es lohnt sich aber, diese Schnittstelle oder Barriere genauer und aus anderen Blickwinkeln als den rein fachbezogenen Aspekten zu betrachten. Oft lassen sich beim Dekonstruieren dieser absurden Idee «starke Erkenntnisse finden, die anderswo als Grundlage für gute Pläne dienen (können)» (IDF o. J.). Kreativität und der offene Austausch mit den Schüler:innen über die Schnittstelle oder Barriere bieten zumindest in PBL eine Umsetzungsmöglichkeit mit Lehrplanbezug.

Die vier verschiedenen Matchmaking-Varianten sind aufsteigend nach dem Grad des Verlassens der <curricularen Komfortzone> sortiert. Während Variante 1 einen fertigen Standpunkt zum Fächerübergreif darstellt, erfordern die Varianten 2 und 3 eine zunehmende Interpretation der Lehrplanvorgaben hinsichtlich geeigneter Unterrichtsthemen und Maker-Zentrierung. Das Auffinden einer «Worst Possible Idea» bezüglich eines Fächerübergreif in Variante 4 kann neue Erkenntnisse liefern, die sich in Making-Projekten ideal umsetzen lassen. Hier helfen insbesondere methodische Elemente des Design Thinkings zur Ideenfindung wie Brainstorming (vgl. Feldhaus, Primavera und Kleibl 2018) mit anschließender konvergierender «Now, How, Wow-Matrix» zur Ideenbewertung (SessionLab o. J.). Mithilfe einer «Now, How, Wow-Matrix» lässt sich eine Projektidee anhand der Kriterien Originalität (triviale Idee / originelle Idee) und Machbarkeit (leicht umsetzbar / nicht umsetzbar) bewerten und in Folge einem der vier möglichen Quadranten in der Matrix zuordnen. Die Einschätzung der Machbarkeit ist situationsbezogen und berücksichtigt insbesondere die zur Verfügung stehenden und gegebenenfalls beschaffbaren Werkzeuge und Materialien für das Making-Vorhaben, aber auch die zur Verfügung stehenden Schulstunden und Räume zum Arbeiten, Aufbewahren und Präsentieren der Artefakte. Das Bewertungskriterium der Originalität kann vom einfachen Nachbau bewährter Artefakte, wie beispielsweise ein Rad, bis zum innovativen Unikat reichen. In Arbeitsgruppen mit drei bis maximal fünf Personen lassen sich nach der Praxiserfahrung des Autors in einem Zeitraum von etwa einer Schulstunde durch Brainstorming (15 Minuten) und «Now, How, Wow-Matrix» (30 Minuten) lösungsorientiert und demokratisch Ideen für Making-Vorhaben finden.

Die Ideen, die leicht machbar und originell sind, werden dem <Wow!>-Quadranten rechts oben zugeordnet und im Projekt weiterverfolgt. Die Ideen in den anderen Quadranten sind entweder zum jetzigen Zeitpunkt nicht realisierbar trotz ihrer Originalität (<How?>-Quadrant, rechts unten), nicht innovativ genug trotz ihrer Machbarkeit (<Now.>-Quadrant, links oben) oder beides, weder innovativ noch umsetzbar

(leerer Quadrant links unten). Die «Now, How, Wow-Matrix» basiert auf der vom «Centrum voor de Ontwikkeling van het Creatief Denken» in Antwerpen entwickelten und nach ihm benannten «COCD-Box» (COCD 2022).

Die vom Autor im Rahmen eines Workshops für Lehrpersonen auf der Fachtagung «Making & more» im Oktober 2022 an der Pädagogischen Hochschule Zürich erarbeiteten «Now, How, Wow-Matrizen» in Abb. 1 zeigen Standpunkte der Ideenbewertungen zu fächerübergreifenden Making-Projekten nach Matchmaking-Variante 4, dem Finden von Schnittstellen und Barrieren. Nur die bewerteten Ideen «Wow!»-Quadranten werden weiterverfolgt und in einer anschliessenden Prototyping-Phase realisiert.



Abb. 1: «Now, How, Wow-Matrizen» zu Schnittstellen und Barrieren fächerübergreifender Making-Projekte.

5. Zusammenfassung

Um Making nicht nur in Reinform, sondern auch in offenen Unterrichtsformen wie fächerübergreifendem Unterricht oder Projektbasiertem Lernen (PBL) einsetzen zu können, welche einen hohen bis sehr hohen Lehrplanbezug aufweisen sollen, ist als Lehrperson eine Öffnung des Unterrichts, verbunden mit dem schrittweisen Verlassen der «curricularen Komfortzone», notwendig. Diese Öffnung kann auf drei verschiedene Arten – Making im fächerübergreifenden Unterricht, Making in PBL und «Making Vanilla» – passieren. Es ist empfehlenswert, die Sichtbarkeit der Lernziele im Making im Voraus zu überdenken. Ob die Lernziele versteckt, offen, oder beliebig montiert sind, legt die Mitbestimmungsfähigkeit der Schüler:innen beim Making

bereits in der Vorbereitung des Unterrichtsvorhabens, aber auch den Lehrplanbezug selbst fest. Um einen Standpunkt zum fächerübergreifenden Making zu definieren, eignen sich verschiedene Vorgehensweisen zum Verbinden der Lernziele aus verschiedenen Fachbereichslehrplänen. Offensichtliche Querverweise zu Lernzielen, gleiche Themen für Lernziele, ähnliche Operatoren in Lernzielen und zufällige Kombinationen von Lernzielen bieten unterschiedlich kreative, für die Lehrperson auch unterschiedlich «komfortable», problemorientierte Fragestellungen für Making-Vorhaben und -Projekte an. Methoden des Design Thinkings wie Brainstorming und die «Now, How, Wow-Matrix» sind gut geeignet, solche problemorientierten Fragestellungen zu finden, seien es Alltagsphänomene oder andere authentische Probleme.

Literatur

- Blikstein, Paulo. 2013. «Digital Fabrication and «Making» in Education: The Democratization of Invention.» In *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching, 203–22. Bielefeld: transcript.
- Clapp, Edward P., Jessica Ross, Jennifer O. Ryan, und Shari Tishman. 2016. *Maker-centered Learning: Empowering Young People to Shape Their Worlds*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- COCD. 2022. «COCD-box.» <https://schoolofcreativethinking.nl/articles/cocd-box/>.
- Condliffe, Barbara, Janet Quint, Mary G. Visher, Michael R. Bangser, Sonia Drohojowska, Larissa Saco, und Elizabeth Nelson. 2017. «Project-Based Learning: A Literature Review». MDRC (New York). <https://eric.ed.gov/?id=ED578933>.
- D-EDK, Hrsg. 2016. «Lehrplan 21. Gesamtausgabe.» Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. https://v-fe.lehrplan.ch/container/V_FE_DE_Gesamtausgabe.pdf.
- Domke, Johannes. 2022. «Warum wird Software in unveränderter Form «Vanilla» genannt?». <https://www.sir-afelot.de/warum-heisst-es-vanilla-software-41462/>.
- DWDS. 2021. «Artefakt» In *Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache*. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. <https://www.dwds.de/wb/Artefakt>.
- Feldhaus, Lea, Julia Primavera, und Anna Kleibl. 2018. *Design Thinking und Schule – Das Handbuch für den Schulalltag*. Weinheim: HOPP Foundation for Computer Literacy & Informatics gGmbH.
- Häusslein, Gepa. 2023. «Design Thinking in der Schule». *Pädagogik* 4: 34–38. <https://doi.org/10.3262/PAED2304034>.
- IDF. o. J. «Worst Possible Idea». Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/worst-possible-idea>.
- Labudde, Peter. 2004. «Fächer übergreifender Unterricht in Naturwissenschaften: «Bausteine» für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen». *Beiträge zur Lehrerbildung* 22 (1): 54–68. <https://doi.org/10.25656/01:13539>.


- Markula, Anette, und Maija Aksela. 2022. «The key characteristics of project-based learning: how teachers implement projects in K-12 science education». *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research* 4 (1). <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>.
- Merriam-Webster. 2023. «Stichwort <Vanilla>». *Merriam-Webster.com Dictionary*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/vanilla>.
- Murrell-Harvey, Cecilia. 2021. «Vanilla». In *The Lexiculture Papers: English Words and Culture*, herausgegeben von Stephen Chrisomalis, 321–24. Wayne State University. <https://digital-commons.wayne.edu/anthrofrp/4/>.
- OMG. 2017. «OMG Unified Modeling Language (OMG UML)», Version 2.5.1: Object Management Group. <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF>.
- Peschel, Falko. 2002. «Qualitätsmassstäbe – Hilfen zur Beurteilung der Offenheit von Unterricht.» In *Freiarbeit in der Grundschule. offener Unterricht in Theorie, Forschung und Praxis*, In *Beiträge zur Reform der Grundschule*, 160–71. Frankfurt a. M.: Grundschulverband – Arbeitskreis Grundschule e.V. <https://doi.org/10.25656/01:17637>.
- SessionLab. o. J. «How-Now-Wow Matrix». <https://www.sessionlab.com/methods/how-now-wow-matrix>.
- Wilkins, Robert P. 1984. «PC Buyer's Guide for Lawyers». *PC Mag*, 297–8.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

MAKER DAYS for Kids

Durchführungen und Varianten im Überblick

Maria Grandl¹ , Hannah Bunke-Emden² , Danilo Dietsch³, Martin Ebner¹ ,
Kristin Narr² , Anna Schaffert³  und Sandra Schön¹ 

¹ Technische Universität Graz

² BIMS e.V. Niederlassung Leipzig

³ Q3. Quartier für Medien.Bildung.Abenteuer

Zusammenfassung

Als «MAKER DAYS for kids» werden offene (digitale) Werkstätten für Kinder und Jugendliche von 8 bis 14 Jahren bezeichnet, die von einem Netzwerk rund um den Verein BIMS e. V. temporär aufgebaut und für mehrere Tage geöffnet und betreut werden. Die ersten MAKER DAYS fanden im Jahr 2015 in Bad Reichenhall (Deutschland) statt. Seit 2018 gab es (bis dato) insgesamt vierzehn weitere Durchführungen in Graz (Österreich), Leipzig, Görlitz und Traunstein (alle in Deutschland). Das Netzwerk steht im engen Austausch im Hinblick auf Zielsetzung, Inhalte, didaktisch-pädagogische Vorgehensweise und Organisation. Obwohl sich die Verantwortlichen an den gleichen Prinzipien orientieren, gibt es doch mehrere Varianten der Durchführung – nicht zuletzt auch aufgrund von Herausforderungen, ausgelöst durch die Corona-Pandemie. Dieser Praxisbeitrag beschreibt die Merkmale und Prinzipien des Konzepts und stellt vergleichend dar, wie bei der Umsetzung des Konzepts vorgegangen wurde. Ziel dieses Beitrags ist es, erstmals einen Überblick über die durchgeführten Varianten der MAKER DAYS for kids zu geben und die Hintergründe, Besonderheiten und Erkenntnisse der einzelnen Veranstaltungen aus Praxissicht zu beleuchten.

MAKER DAYS for Kids. Overview of Implementations and Variations from a Practical Perspective

Abstract

«MAKER DAYS for kids» are open (digital) workshops for children and adolescents aged 8 to 14 years, set up and supervised for several days by a network surrounding the BIMS e. V. association. The first MAKER DAYS took place in 2015 in Bad Reichenhall, Germany. Since



2018, there have been a total of fourteen further events held in Graz (Austria), Leipzig, Görlitz, and Traunstein (all in Germany). The network is in close exchange regarding its objectives, content, didactic-pedagogical approach, and organization. Although the responsible parties are guided by the same principles, there are still several variations in implementation, not least due to challenges arising from the coronavirus pandemic. This practical article describes the characteristics and principles of the concept, and illustrates how the implementation of the concept was carried out in different ways. The aim of this contribution is to provide the first overview of the MAKER DAYS for kids variants and to go into more detail on the backgrounds, specificities and findings of each event from a practical perspective.

1. Hintergrund

Mit der Zielsetzung, kreatives (digitales) Gestalten zu ermöglichen und zu fördern, fanden im Jahr 2015 die ersten «MAKER DAYS for kids» in Bad Reichenhall (Deutschland) statt. Im örtlichen «Haus der Jugend» boten die MAKER DAYS rund 70 Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 bis 14 Jahren Raum und Zeit für die kreative, interessen geleitete Arbeit in einem temporär aufgebauten Makerspace. (Schön, Ebner, und Reip 2018) Die Veranstaltung fand unter der Leitung von Dr. Sandra Schön statt. Die von ihr initiierte und konzipierte offene Werkstatt erhielt 2016 den «Dieter-Baacke-Preis», eine Auszeichnung für medienpädagogische Projekte. Im deutschsprachigen Raum gab es zu diesem Zeitpunkt kein vergleichbares Format, weshalb bei der Entwicklung und Gestaltung der offenen digitalen kreativen Werkstatt u. a. «Handbücher und Weblogs mit Maker-Aktivitäten» hinzugezogen wurden. (ebd.) Die erstmalige Umsetzung des Konzepts in Bad Reichenhall lieferte vielfältige Eindrücke und Ergebnisse, die nicht nur im Handbuch «Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen» (Schön, Ebner, und Narr 2016), sondern auch in Form eines offenen Online-Kurses mit dem Titel «Making – Kreatives digitales Gestalten mit Kindern» verarbeitet wurden. Diese und weitere Veröffentlichungen waren und sind als «Anregung gedacht und als Möglichkeit, ähnliche Konzepte zu gestalten und Vergleichsdaten zu erhalten». (Schön, Ebner, und Reip 2018,33)



Abb. 1: Blick in die offene Werkstatt der ersten «MAKER DAYS for kids» in Bad Reichenhall im Jahr 2015.

2. Zielsetzung des Beitrags

Das Konzept «MAKER DAYS for kids» folgt festen pädagogisch-didaktischen Zielsetzungen, die als gemeinsame Grundlage der insgesamt 13 Durchführungen in Bad Reichenhall (Deutschland), Graz (Österreich), Leipzig, Görlitz und Traunstein (alle in Deutschland) fungierten (s. Tabelle 1). Dieser Praxisbeitrag verfolgt das Ziel, diese Prinzipien und Merkmale zu beschreiben und die Umsetzungsvarianten erstmals im Vergleich darzustellen. In Tabelle 5 sind ausgewählte Veröffentlichungen zu den einzelnen Durchführungen (u. a. Praxisbeiträge, Fachartikel, Lehr- und Lernressourcen) angeführt. Ausgehend von der ersten Durchführung in Bad Reichenhall, soll dieser Beitrag die Hintergründe und Besonderheiten aller Umsetzungen und Weiterentwicklungen in Form eines umfassenden Projektberichts beleuchten und die (bisher) wichtigsten Erkenntnisse aus Sicht der Praxis zusammenfassen. Das Ziel ist, sichtbar zu machen, welche Überlegungen (Rahmenbedingungen, Organisation, Zielsetzung, Zielgruppe, Format, Inhalt und Methode) erforderlich sind, um einen temporären Makerspace für Kinder und Jugendliche aufzubauen bzw. «Making» in diesem Setting pädagogisch-didaktisch aufzubereiten.

3. Merkmale und Prinzipien des Konzepts

Die MAKER DAYS sind als Lehr- und Lernraum im Sinne der «Maker Education» (s. Abbildung 2) angelegt. Ziel ist die Gestaltung einer offenen Werkstatt, eines «Pop-Up-Makerspace» auf Zeit, in dem sich die Teilnehmenden interessen­geleitet bewegen können und in dem «technische, künstlerische und soziale Erfahrungsmöglichkeiten» gegeben sind. (Boy und Sieben 2017, 40) Die Teilnehmenden können im Makerspace zwischen unterschiedlichen Making-Aktivitäten selbst wählen und Selbstwirksamkeit durch eigene Making-Produkte erfahren. Materialien und (digitale) Werkzeuge sind für die Teilnehmenden in einem festgelegten Zeitraum und unter Aufsicht frei zugänglich. Der jeweils individuelle (Lern-)Prozess – beginnend mit der Recherche und Ideenfindung bis zur Ergebnispräsentation und Reflexion – wird im Makerspace durch erwachsene Betreuer:innen und Peer-Tutor:innen initiiert und unterstützt. Peer-Tutor:innen bei den MAKER DAYS sind Kinder und Jugendliche, welche die (meist) gleichaltrigen Teilnehmer:innen in ihren Aktivitäten im Makerspace unterstützen und die offene Werkstatt aktiv mitgestalten, indem sie vor und während der Durchführung bei Entscheidungen mitwirken. Insgesamt werden bei den MAKER DAYS Anreize für «Peer Educators», «Peer-Lernen» und «neue Formen der Zusammenarbeit» geschaffen – Elemente, die auch Boy und Sieben (2017, 24) als «Grundvoraussetzungen für pädagogisches Making» nennen.

Während der MAKER DAYS nutzen die Teilnehmenden sowohl traditionelle Werkzeuge als auch digitale Making-Technologien für die kreative Umsetzung ihrer (digitalen) Produktideen. Dabei entstehen rein analoge Produkte (z. B. ein selbstgenähtes Stofftier), rein digitale Produkte (z. B. ein Programm, erstellt mit der Programmiersprache «Scratch») und Mischprodukte analoger und digitaler Technologien (z. B. eine Seilbahn, umgesetzt mit dem Roboter «Thymio», «Lego® Technic» und Bastelmaterialien). Um den Teilnehmenden das nötige Orientierungswissen zu vermitteln, also die Nutzung und kreative Auseinandersetzung mit ausgewählten (digitalen) Werkzeugen überhaupt erst zu ermöglichen, gibt es einführende Aktivitäten und Aufgabenstellungen.

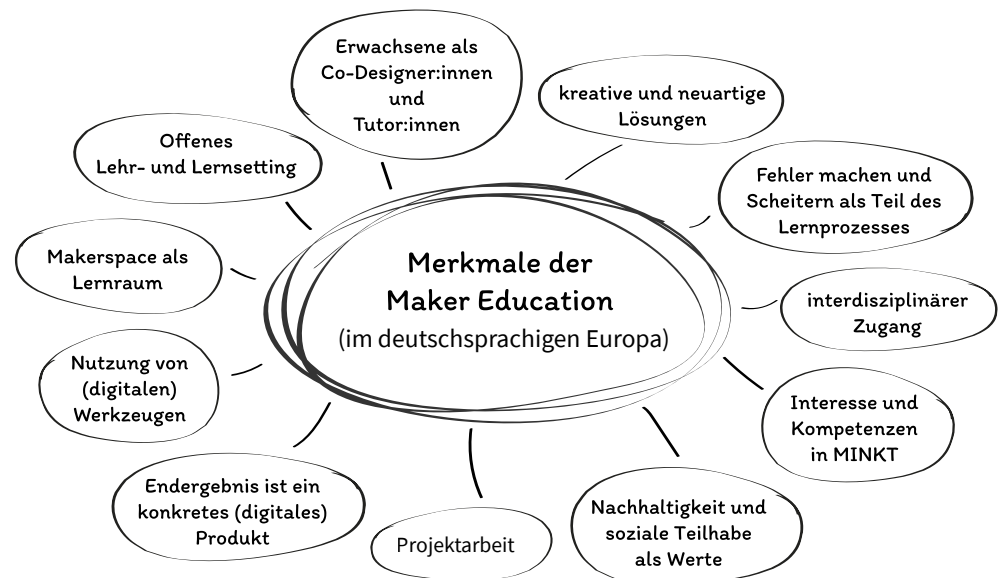


Abb. 2: Merkmale der Maker Education nach Schön et al. (2019).

Um das selbstgesteuerte Lernen zu unterstützen, ist neben «Wissen» und «Können» auch das «Wollen» entscheidend (Straka 1996). Boy und Sieben (2017, 40) fassen zusammen, dass «durch Methoden innerhalb eines Werkstattformates, in dem auf den hohen Aufforderungscharakter von Making-Technologien und analog-digitalen Materialien gesetzt wird» «vielfältige Lernanlässe für Lernende» geschaffen werden. Um die Lernmotivation aufrechtzuerhalten, ist daher entscheidend, Erfolgserlebnisse gleich zu Beginn zu ermöglichen (Grandl et al. 2021).

Bei den MAKER DAYS wird genutzt, was vor Ort an Infrastruktur und Ausstattung vorhanden ist. Das reichte bisher von einem gut ausgestatteten Makerspace bis hin zu einem (leeren) Veranstaltungssaal mit Tischen und Stühlen (s. Abschnitt 4). Nach dem Vorbild von Bad Reichenhall werden bei den MAKER DAYS ein Empfangsbereich mit Anmeldung, ein Bereich für die Ausgabe von Essen und Trinken, ein Aufenthaltsbereich, ein frei zugängliches Material- und Werkzeuglager, ein Bühnenbereich für Besprechungen und Präsentationen im Plenum und einzelne Arbeitsbereiche/Stationen, im Folgenden «Werkstattbereiche» genannt, eingerichtet. Jeder Werkstattbereich hat einen thematischen Schwerpunkt und trägt eine entsprechende Bezeichnung. Ein Raumplan dient bei allen Veranstaltungen den Teilnehmenden als Übersicht (s. Abbildung 3).

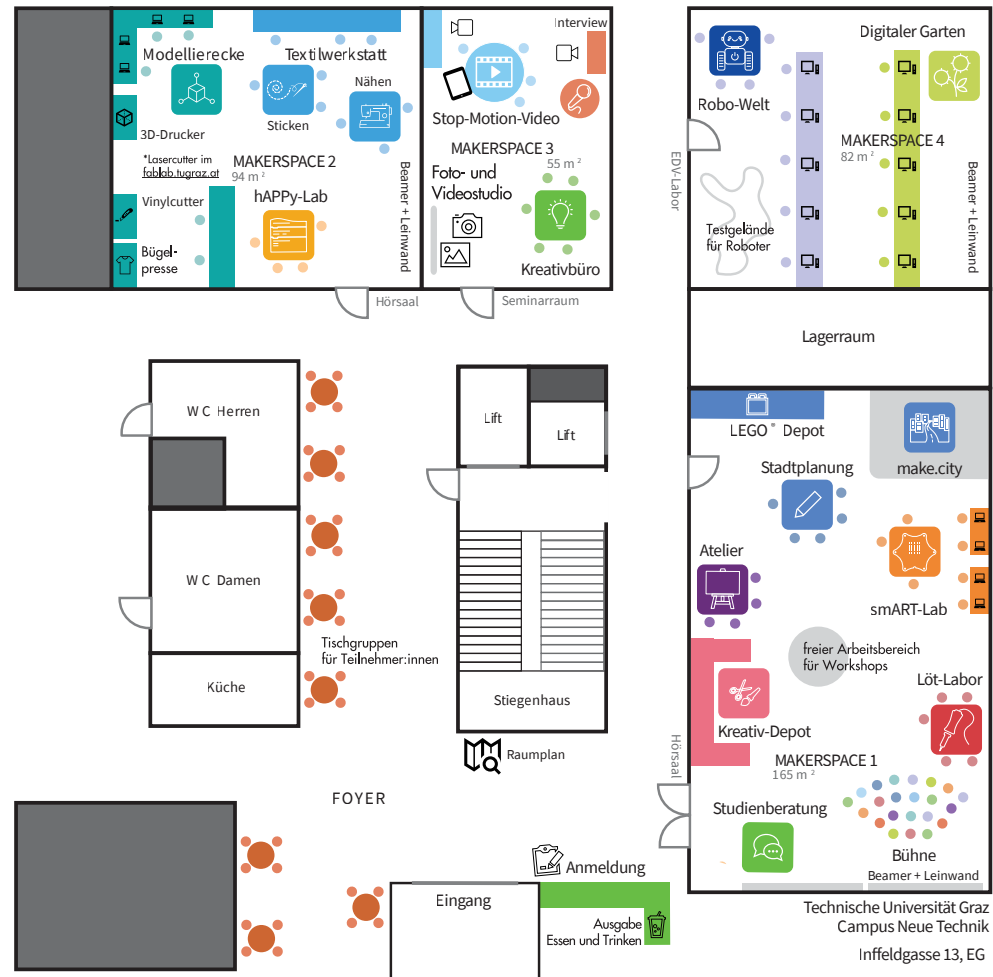


Abb. 3: Raumplan der «MAKER DAYS for Kids» Graz 2021. Lizenz: CC BY, Lehr- und Lerntechnologien, TU Graz.

Die MAKER DAYS richten sich an eine grössere Gruppe von mindestens 30 Teilnehmer:innen pro Tag. Die Teilnahme daran ist freiwillig, das Angebot offen und niederschwellig gestaltet. Das bedeutet einerseits, dass die Teilnahme kostenlos und einfach möglich ist. Eine (Online-)Vor Anmeldung durch eine erziehungsberechtigte Person kann in diesem Zusammenhang bereits hinderlich sein, lässt sich aber aus Gründen der Planbarkeit oft nicht vermeiden. Andererseits soll das Angebot Kinder und Jugendliche erreichen und fördern, die sich den selbstständigen, kreativen Umgang mit Technologien (noch) nicht zutrauen oder die aufgrund ihres sozioökonomischen Hintergrunds keine Möglichkeiten vorfinden, Erfahrungen beim «Making» zu sammeln. Wo immer es sinnvoll und möglich ist, kommen bei den MAKER DAYS Materialien und (digitale) Werkzeuge zum Einsatz, die für die Teilnehmenden

auch nach Ende der Veranstaltung (kostengünstig oder einfach) zugänglich sind. Das kann beispielsweise durch die Verwendung von Recycling-Material oder die Auswahl kostenloser Software realisiert werden.

Zudem wird bei den MAKER DAYS ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis im Makerspace angestrebt und/oder eine Auswahl der Teilnehmenden nach inklusiven Gesichtspunkten vorgenommen. Das kann beispielsweise eine Quote für Kinder und Jugendliche aus einem soziokulturell benachteiligten Umfeld sein. Um Kinder und Jugendliche mit unterschiedlichen Interessen anzusprechen, wird bei der Werbung für die MAKER DAYS (u. a. Plakate, Flyer, Inserate, Webauftritt, Social Media) auf eine genderneutrale Gestaltung geachtet, insbesondere werden klischeehafte Darstellungen vermieden (vgl. Schön et al. 2018). Wörter wie «Programmieren», «Coding», «Technik», «Technologie» oder «Elektronik» kommen weder bei der Bewerbung noch während der Veranstaltung zum Einsatz (vgl. Spieler 2018; Spieler, Oates-Indruchová, und Slany 2020). Ein weiteres Ziel der MAKER DAYS ist, einen «positiven und angemessenen ersten Kontakt zu informatischen Themen» herzustellen, indem «mehr Gewicht auf den Prozess des Entwickelns, Gestaltens und Problemlösens [...] als auf das eigentliche Programmieren» gelegt wird und unterschiedliche Zugänge zu (informations)technischen Themen angeboten werden (Spieler 2023; vgl. Happe et al. 2021; Schön et al. 2018; Grandl et al. 2021). Diesen Ansatz verfolgte auch das Praxisforschungsprojekt «Fablab mobil», das sich von 2015 bis 2017 der Konzeption und praktischen Umsetzung von Making-Workshops widmete:

«Die Angebote stellen bewusst nicht die Technologien (z. B. Mikrocontroller), sondern kreativ-künstlerische Themen (z. B. Powerpflanzen) und/oder Aktionen/Anliegen (z. B. Halloween, Future Park) in den Vordergrund.» (Boy und Sieben 2017, 43)

Nach Boy und Sieben (2017, 30) «kann pädagogisches Making viele Aspekte einer «Bildung für Nachhaltige Entwicklung» umsetzen.» Teilnehmende der MAKER DAYS werden ermutigt, «die Welt mit ihren Ideen besser zu machen» und ihre Rolle als Gestalter:innen ihrer Umwelt/Zukunft aktiv wahrzunehmen (vgl. Ebner et al. 2021). Das Angebot der MAKER DAYS schliesst Aktivitäten ein, welche den Fokus der Teilnehmenden auf (aktuelle) gesellschaftliche Herausforderungen richten und zur gemeinsamen «Entwicklung von Ideen und Lösungen für eine zukunftsfähige Welt und Gesellschaft» auffordern (DOIT Europe 2020, 5). Als Orientierung dienen die «17 Ziele für Nachhaltige Entwicklung» (engl. Sustainable Development Goals, kurz SDGs) (United Nations 2023). Darüber hinaus wird im Makerspace selbst auf ein material-schonendes und nachhaltiges Arbeiten geachtet. Auch die Projekte «WILMA – Wir Lernen durch Machen» und «DOIT – Entrepreneurial skills for young social innovators in an open digital world» nahmen sich des Themas der «sozialen Innovation»

an und entwickelten jeweils ein flexibles Workshopformat, das auf das Lernen im Makerspace und mit digitalen Werkzeugen fokussiert (Hammer, Hampson, und Marx 2018; DOIT Europe 2020).

«Make», «Share», «Give», «Learn», «Tool Up», «Play», «Participate», «Support», «Change»: Mit diesen neun Imperativen fasst Mark Hatch den Kern der Maker-Bewegung bzw. die zentralen Aspekte beim «Making» zusammen und fordert: «In the spirit of making, I strongly suggest you take this manifesto, make changes to it, and make it your own. That is the point of making» (Hatch 2014, 11). Gesagt, getan: In Anlehnung an das «Maker Movement Manifesto» von Hatch wurden 2015 «9 Prinzipien für die MAKER DAYS» formuliert und auf einem Plakat festgehalten (s. Abbildung 4). Diese geben seitdem den Rahmen für jede Umsetzung des Konzepts vor und werden mit allen beteiligten Personen, insbesondere mit den Teilnehmenden am Beginn der Veranstaltung besprochen.



Abb. 4: Plakat «9 Prinzipien für die MAKER DAYS» in Anlehnung an das «Maker Movement Manifesto» von Hatch (2014). Lizenz: CC BY, Lehr- und Lerntechnologien, TU Graz.

Eine weitere Regel findet sich nicht auf dem Plakat, ist aber gut lesbar am Eingang zum Makerspace angebracht: «Kein Zutritt für Erwachsene». Damit soll sichergestellt werden, dass den Teilnehmenden die offene Werkstatt exklusiv zur Verfügung steht und dass sie diese nach ihren persönlichen Interessen wählen und ihre eigenen Ideen umsetzen können. Aufgrund dieser Regel ist es auch wichtig, dass erwachsene Betreuer:innen im Makerspace als solche von den Teilnehmenden erkannt werden, beispielsweise durch das Tragen einheitlicher T-Shirts und Namensschilder.

4. Veranstaltungsorte und Durchführungen

Wie in den Tabellen 1 und 2 ersichtlich, fanden die MAKER DAYS bereits an sechs verschiedenen Veranstaltungsorten, mit verschiedenen Teams und Partner:innen statt. Dies stützt die Annahme, dass das Konzept gut an die Interessen und Möglichkeiten der Beteiligten vor Ort angepasst und auch Neues ausprobiert werden kann. Bei den ersten MAKER DAYS in Bad Reichenhall stand ein grosser Veranstaltungssaal mit Bühne zur Verfügung. Die Ausstattung mit Geräten, beispielsweise Notebooks, 3D-Drucker und Vinylcutter, wurde zum Teil über die Betreuer:innen der Werkstattbereiche und Kooperationspartner:innen organisiert. Um Zusammenarbeit und Kreativität bestmöglich zu fördern, wurden fast alle Werkstattbereiche im grossen Saal untergebracht. Der Saal wurde durch Tischgruppen und Elemente wie Trennwände, Wimpelketten und Plakate unterteilt und übersichtlich angelegt (vgl. Schön, Ebner, und Reip 2018).

Im Jahr 2018 wurden die MAKER DAYS an der Technischen Universität Graz und somit erstmalig in Österreich umgesetzt. Die MAKER DAYS in Graz fanden seit 2018 fünf Mal in Folge für eine Woche in den Sommerferien statt und ergänzen seitdem das IT-Sommerkursprogramm für Kinder- und Jugendliche von und an der TU Graz. Dort wird das gesamte Erdgeschoss eines Gebäudes mit Hörsaal, Seminarraum und EDV-Labor für jeweils eine Woche in den Sommerferien zu einem grossen Makerspace umgestaltet. Die Werkstattbereiche werden auf die einzelnen Räume mit einer Gesamtfläche von rund 400m² verteilt (s. Abbildung 3). Durch die Zusammenarbeit mit dem «FabLab Graz», das in unmittelbarer Nähe zum Veranstaltungsort untergebracht ist, konnte der Pop-Up-Makerspace mit einem 3D-Drucker, einem Vinylcutter und einer Bügelpresse ausgestattet werden. Zudem standen alle 3D-Drucker und Lasercutter im FabLab für die Projekte der Teilnehmenden zur Verfügung.

Im Jahr 2019 fanden die MAKER DAYS erstmals in Leipzig bzw. im Makerspace Leipzig statt, in dem eigentlich Erwachsene arbeiten. Seit 2020 wird für die MAKER DAYS ein Veranstaltungssaal in Grünau, dem Stadtteil mit der grössten Plattenbausiedlung Leipzigs, für vier Tage in einen Makerspace umgebaut. In Görlitz fanden die MAKER DAYS 2021 und 2022 als zweitägiges Projekt statt. Veranstaltungsort ist

dort die RABRYKA im Werk I, ein Zentrum für Jugend- und Soziokultur, das von der Beteiligung vieler Menschen, Projekte und Initiativen lebt. Bei den MAKER DAYS in Görlitz wird u. a. genutzt, was vor Ort vorhanden ist, wie beispielsweise der dortige Makerspace mit einer Holzwerkstatt, 3D-Drucker, Lasercutter etc.

Als Abschlussveranstaltung der *Chiemgauer Medienwochen* fanden die MAKER DAYS im Jahr 2022 erstmals in Traunstein statt und richteten sich erstmals an eine jüngere Zielgruppe: Kinder im Alter von 8 bis 12 Jahren. Auch dort wurden die Räumlichkeiten – das «JugendHackt-Lab» am Campus St. Michael – für die Durchführung angemietet. In Traunstein wurde ein grosser geschützter Aussenbereich als «GARTEN.SPACE» zum Bauen und für Pausen genutzt.

Mit dem «Haus der Jugend» in Bad Reichenhall, dem Veranstaltungssaal in der «Völkerfreundschaft» in Leipzig Grünau, an dem ein offener Freizeittreff für Kinder und Jugendliche angegliedert ist, der «RABRYKA» in Görlitz und dem «JugendHackt-Lab» am Campus St. Michael wurden Orte gewählt, die als Jugendzentren bekannt sind und/oder regelmässig für Veranstaltungen mit/für Kinder(n) und Jugendliche(n) genutzt werden. Diese Bekanntheit macht es möglich, interessierte Kinder und Jugendliche aus der Umgebung kurzfristig bzw. direkt vor Ort zu erreichen. An einer Technischen Universität war/ist das nur bedingt der Fall.

Ort	Räumlichkeiten	Durchführungen	Zahl der Teilnehmer:innen		Alter
			pro Tag	gesamt*	
Bad Reichenhall (DE)	Grosser Veranstaltungssaal im «Haus der Jugend»	2015 (4 Tage)	30 – 40	~ 70	10 – 14
Graz (AT)	Technische Universität Graz, Campus «Inffeldgasse» rund 600m ² nutzbare Fläche: Foyer, 2 Hörsäle, 1 Seminarraum, 1 EDV-Labor	2018 (4 Tage) 2019 (4 Tage) 2020 (5 Tage) 2021 (5 Tage) 2022 (4 Tage)	50 – 60 60 – 70 30 – 40 40 – 50 30 – 40	~ 500	10 – 14
Leipzig (DE)	2019: Makerspace Leipzig seit 2020: Veranstaltungssaal in der «Völkerfreundschaft» in Leipzig Grünau	2019, 2020, 2021, 2022 und 2023 (je 4 Tage)	40 – 70	~ 320	10 – 14
Görlitz (DE)	«RABRYKA» (Werk I), Zentrum für Jugend- und Soziokultur	2021 und 2022 (je 2 Tage)	30 – 40	~ 80	10 – 14
Traunstein (DE)	Campus St. Michael, in den Räumen des «JugendHackt»-Labs	2022 (4 Tage) 2023 (4 Tage)	45 – 50	~ 70	8 – 12

Tab. 1: Veranstaltungsorte, Durchführungen und Anzahl der Teilnehmer:innen bei den «MAKER DAYS for kids». * Gesamtanzahl der Teilnehmer:innen inklusive Peer-Tutor:innen, die bei den MAKER DAYS bei allen Durchführungen erreicht wurden. Die Zählweise berücksichtigt nur die einzelnen Personen. Die Gesamtzahl der «Tagesbesuche» ist deutlich höher.

Zur besseren Übersicht und Vergleichbarkeit sind die organisatorischen Rahmenbedingungen der einzelnen Durchführungen in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt.

Ort	Projektleitung	Veranstalter:innen, beteiligte Organisationen und Fördergeber:innen
Bad Reichenhall (DE)	Sandra Schön	Verein BIMS e.V., Forschungsgesellschaft Salzburg Research, TU Graz, Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land, Haus der Jugend, HIT-Unternehmensstiftung
Graz (AT)	Maria Grandl, Martin Ebner	TU Graz, FabLab der TU Graz, Verein BIMS e.V., 2018 – 2020: Land Steiermark
Leipzig (DE)	Kristin Narr, Hannah Bunke-Emden	Gesamte Auflistung für die Jahre 2019 – 2023: Verein BIMS e.V. – Niederlassung Leipzig, Völkerfreundschaft Leipzig-Grünau, Makerspace Leipzig, KF Education, Leipziger Städtische Bibliotheken, Soziokulturelles Zentrum «Die VILLA» Leipzig mit der Medienwerkstatt Leipzig, Leipziger Modell Lebens- und Bildungsraum e.V., Sca.AI Living Lab Dresden/Leipzig, Wissenschaftsladen Leipzig, Datenhut e.V., VDI-GaraGe gGmbH, Handwerkskammer Leipzig, Leipziger Verkehrsbetriebe, Medienpädagogik e.V., Feministische Bibliothek MONALiesA, Kreatives Leipzig e.V., Maker Faire Sachsen, Universität Leipzig, Professur für Medienkompetenz und Aneignungsforschung (IfKMW), Initiativbüro «Gutes Aufwachsen mit Medien», TU Graz Kulturamt Stadt Leipzig, Fonds Soziokultur, BMFSFJ: Demokratie leben!/Partnerschaft für Demokratie/Leipzig.Ort der Vielfalt, Deutsches Kinderhilfswerk, Stiftung Leipzig hilft Kindern, Sächsischer Mitmach-Fonds, Penny Förderkorb
Görlitz (DE)	Kristin Narr, Hannah Bunke-Emden	Verein BIMS e.V. – Niederlassung Leipzig, Second Attempt e.V., RABRYKA, Deutsches Rotes Kreuz, Kreisverband Görlitz Stadt u. Land e.V., Makerspace Niesky vom Jugendring Oberlausitz, Kinderschutzbund Ortsverband Görlitz, Druckfeld «Buchkinder» Görlitz, Handwerkskammer Dresden, Kreishandwerkerschaft Görlitz, Tierra – Eine Welt e.V., Makerspace Löbau, Bürgerrat Innenstadt West, (SAEK Görlitz) Fonds Soziokultur, Crowdfunding über die GörlitzCrowd
Traunstein (DE)	Anna Schaffert, Danilo Dietsch	Stadtbücherei Traunstein, Q3. Quartier für Medien.Bildung. Abenteuer gemeinnützige GmbH, Campus St. Michael, Verein BIMS e.V. Ein Projekt im Rahmen von «WissensWandel. Digitalprogramm für Bibliotheken und Archive innerhalb von Neustart Kultur» des Deutschen Bibliotheksverbands e.V. (dbv), gefördert von der Beauftragten der Bundesregierung für Kultur und Medien.

Tab. 2: Projektleitung, veranstaltende und beteiligte Organisationen sowie Fördergeber:innen der «MAKER DAYS for kids».

5. Tagesablauf und Abschluss

Der Tagesablauf ist bei allen Umsetzungen ähnlich. Exemplarisch ist in Tabelle 3 der Tagesablauf der MAKER DAYS Graz 2022 angeführt. Der erste Weg führt die Teilnehmenden zur Registrierung bzw. Anmeldung. Dort erfolgt die Ausgabe des Namensschilds und die Abgabe der Einverständniserklärung durch eine erziehungsberechtigte Person. So ist beispielsweise für die Anfertigung von Gesichtsaufnahmen oder für die Erhebung und Verwendung anonymisierter Daten zur Evaluierung der Veranstaltung und ausgewählter (digitaler) Werkzeuge eine schriftliche Zustimmung erforderlich.

Zeit	Ereignis
08:00 – 08:30	Vorbereitung der Werkstattbereiche durch die Betreuer:innen
08:30 – 09:15	Ankommen, Abgabe Einverständniserklärung*, Ausgabe Namensschild (Studienpass), Makerspace-Führung in Kleingruppen*
09:15 – 09:30	Gemeinsamer (moderierter) Start: Begrüssung, Besprechung der «9 Prinzipien für die MAKER DAYS»*, Erklärung des Studienpasses*, Allfälliges, einstimmende Fragen, Fakten und Bilder zum «Fokusthema» für die «make.city» (s. Abbildung 9), gemeinsame Diskussion im Plenum
09:30 – 12:30	Lehr- und Lernaktivitäten im Makerspace
12:30 – 13:30	Mittagspause für Teilnehmer:innen und Betreuer:innen
13:30 – 15:30	Lehr- und Lernaktivitäten im Makerspace
15:30 – 15:45	Abschluss der Aktivitäten in den Werkstattbereichen und gemeinsames Zusammenräumen
15:45 – 16:00	Präsentation der Ergebnisse (durch die Teilnehmer:innen, moderiert von Peer-Tutor:innen und Betreuer:innen), Bericht zur «make.city», Abschluss, Dankesworte an Peer-Tutor:innen, Abschluss und Ausgabe der Teilnahmebestätigung (nur am letzten Tag der Teilnahme), Abgabe Namensschild (Studienpass)*
16:15 – 16:45	Nachbesprechungen mit den Betreuer:innen

Tab. 3: Exemplarischer Tagesablauf der «MAKER DAYS for kids» Graz. Die Teilnehmer:innen nahmen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen an der Veranstaltung teil. * nur am ersten Tag der Teilnahme.

Damit die Teilnehmenden einen ersten Überblick über die Angebote und Möglichkeiten erhalten, werden diese in Kleingruppen am ersten Tag der Teilnahme durch den Makerspace geführt. Die Führungen werden von ausgewählten Betreuer:innen und/oder Peer-Tutor:innen übernommen und sind bei allen Umsetzungen ein fester Punkt im Tagesplan. Bei den MAKER DAYS in Graz nahmen die Kleingruppen abschliessend bei definierten Tischgruppen Platz. Bei einzelnen Durchführungen in Graz erhielten die Teilnehmenden einen Fragebogen und bearbeiteten als Gruppe eine Aufgabenstellung zu einem täglich wechselnden Fokusthema, das in Verbindung mit den «Zielen für nachhaltige Entwicklung» stand. In Traunstein wurde der

sogenannte «WILLKOMMENS.SPACE» eingerichtet. Sowohl Betreuer:innen als auch Teilnehmer:innen fertigten Selbstportraits an (s. Abbildung 5) und stimmten sich zum Thema «Selbermachen» bei einer gemeinsamen Vorstellungsrunde ein.



Abb. 5: Die Teilnehmenden der «MAKER DAYS for kids» Traunstein stellen sich vor. Sie halten fest, was sie gerne «selbst» machen und wer oder was ihre «Superheld:in oder Vorbild fürs Selbermachen» ist.

Bei allen Umsetzungen der MAKER DAYS werden die Teilnehmenden bei ihren Aktivitäten in den Werkstattbereichen von mindestens einer Person, sei es ein:e erwachsene:r Betreuer:in (z. B. pädagogische Fachkräfte und Expert:innen aus dem jeweiligen Fachbereich) oder ein:e Peer-Tutor:in, unterstützt. Das Betreuungsverhältnis ist u. a. vom Platzangebot im jeweiligen Werkstattbereich und vom Werkzeug bzw. der Aktivität selbst abhängig. So erfordern beispielsweise Arbeiten mit dem Lötkolben, der Säge oder dem 3D-Drucker (in der Regel) eine erhöhte Aufmerksamkeit und Unterstützung, während Aktivitäten wie das freie Basteln und Malen im Atelier weniger betreuungsintensiv sind. In Bad Reichenhall und Graz hatten die Betreuer:innen zudem die Aufgabe, die Besuche/Aktivitäten der Teilnehmenden im Werkstattbereich zu dokumentieren. In Traunstein war auch die Pausengestaltung ein wichtiges Thema. So gab es regelmässig betreute Bewegungseinheiten mit speziellen Geräten aus dem Zirkusbereich.

Ein zentrales Element aller Durchführungen ist die Präsentation der (digitalen) Ergebnisse am Ende eines Tages mit allen Teilnehmenden: Peer-Tutor:innen und Betreuer:innen. Die Moderator:innen holen dabei nicht nur ein Stimmungsbild und (allgemeines) Feedback ein, sondern bitten die Teilnehmenden auf die Bühne, damit diese ihre (digitalen) Ergebnisse präsentieren. In Graz und Leipzig steht bei der Abschlusspräsentation auch die «make.city» bzw. die «make.leipzig», eine Stadt der Zukunft, welche die Teilnehmenden während der MAKER DAYS gemeinsam gestalten, im Mittelpunkt (s. Abbildung 9). Bei einigen Umsetzungen übernahmen die Peer-Tutor:innen die Moderation und/oder bereiteten einen Wochenrückblick vor. Die MAKER DAYS in Leipzig gingen noch einen Schritt weiter und luden am letzten Projekttag auch Eltern, Geschwister und Interessierte in den Makerspace ein. Die Teilnehmenden wurden an diesem Tag selbst zu Tutor:innen und unterstützen Erwachsene beim «Selbermachen». Sie präsentierten nicht nur ihre Produkte, sondern begleiteten ihre Eltern bei der Erkundung der Werkstatt. Durch diesen Rollenwechsel war für die Teilnehmenden eine weitere Möglichkeit gegeben, Selbstwirksamkeit zu erfahren. Pandemiebedingt fand in Graz 2020 keine Abschlusspräsentation statt. In Bad Reichenhall und Graz (2018 und 2019) wurden nahezu alle Produkte gesammelt und der Öffentlichkeit am Ende der Woche im Rahmen einer Ausstellung präsentiert.

Fazit: Das Format ist ressourcenintensiv. Das trifft nicht nur auf die organisatorischen Massnahmen wie die (Vorbereitung der) Räumlichkeiten und den Ankauf/die Organisation von Materialien und (digitalen) Werkzeugen zu, sondern auch auf den Betreuungsschlüssel im Makerspace. Weil die Teilnehmenden in Bezug auf die Lernvorgänge und Wissensstrukturen auf einem unterschiedlichen Niveau stehen und meist zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den Werkstattbereichen Platz nehmen, ist eine individuelle Betreuung erforderlich. Ein Betreuungsverhältnis von 1:4 erwies sich bei den MAKER DAYS sowohl für die Betreuer:innen als auch für die Teilnehmenden als geeignet. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Teilnehmenden mit einer «eher ungewohnten Lernkultur» konfrontiert werden (Assaf 2019, 272). Die Führung durch den Makerspace dient als erste Orientierungshilfe und bietet die Möglichkeit, Fragen an die Betreuer:innen zu stellen. Grandl et al. (2021) empfehlen, eine «einfache und attraktive Aktivität» vorzubereiten, um die anfängliche Unbehaglichkeit bei den Teilnehmenden aufzulösen. Das kann beispielsweise der Bau einer einfachen LED-Taschenlampe oder das Basteln einer Einladungskarte für die öffentliche Abschlusspräsentation sein und hilft insbesondere jenen Teilnehmenden, die alleine, d. h. ohne eine gleichaltrige Bezugsperson zur Veranstaltung kommen. Das «Atelier» bei den MAKER DAYS in Graz war speziell für Mädchen ein wichtiger Startpunkt. Beim freien Basteln und Malen bestand die Möglichkeit, die Abläufe im Makerspace zu beobachten, mit anderen Teilnehmenden und Betreuer:innen ins Gespräch zu kommen und Vorurteile abzubauen.

Gemeinsame Feedback-, Reflexions- und Präsentationsphasen sind den Teilnehmenden aus dem Schulkontext wenig bekannt und müssen bei den MAKER DAYS gezielt initiiert werden. Maurer und Ingold (2019, 53) teilen diese Erfahrung und heben hervor, dass die «Prägekräfte des Schulischen» nicht unterschätzt werden dürfen. Daher ist es im Verlauf des Tages wichtig, die Teilnehmenden auf die gemeinsame Abschlusspräsentation vorzubereiten. Obwohl es bei den MAKER DAYS immer Teilnehmende gibt, die ihre (digitalen) Produkte im Rahmen der Abschlusspräsentation (ohne gezielte Aufforderung) vorstellen wollen, ist es bedeutsam, einzelne Teilnehmende auch während des Tages aktiv anzusprechen. Wesentlich ist auch, die «rein digitalen» Produkte der Teilnehmenden – wie Trickfilme, Computerprogramme oder «Lightpaintings» – in die Abschlusspräsentation einzubeziehen und entsprechende organisatorische Massnahmen im Vorfeld zu treffen.

6. Strukturierung der Aktivitäten im Makerspace

Bei den MAKER DAYS bestimmen Interesse und Platzangebot die Reihenfolge, in der die Teilnehmenden einzelne Werkstattbereiche besuchen.

«Der grundlegende Ansatz ist der einer offenen Werkstatt bzw. eines Makerspaces. [...] Als Einführung in die Werkzeuge und Technologien werden je nach Bedarf kurze Workshops sowie ggf. Selbstlernmaterialien angeboten. [...] Anregungen werden auch durch freiwillige, sogenannte Tageschallenges gegeben, die die Teilnehmenden durch eine relativ offene Aufgabenstellung herausfordern.» (Bunke-Emden 2020b, 4)

Beispiele für die «Tageschallenge» bei den verschiedenen Umsetzungen waren: als Gruppe einen Tages- oder Wochenrückblick vorbereiten und präsentieren; als Gruppe ein Stop-Motion-Video zu einem bestimmten Fokusthema erstellen; als Gruppe ein Projekt umsetzen, das mindestens drei Werkstattbereiche miteinander verbindet. In Bad Reichenhall, Graz (2018 und 2019) und Leipzig (2019) wurden sogenannte «Mini-Workshops» jeweils mithilfe einer einheitlichen «Workshopkarte» angekündigt. Diese handschriftlich ausgefüllte Karte (Titel, stichwortartige Beschreibung, Angabe von Ort, Anfangszeit und Platzangebot) platzierten die Betreuer:innen dann auf einem vorskizzierten Tagesplan an der Pinnwand/Tafel (s. Abbildung 6). Die Workshopkarte enthielt auch ein Feld, wo Teilnehmende ihre ID (s. Abschnitt 11) eintragen konnten, um sich zum Workshop anzumelden. Der Ablauf des Workshops wurde nach Abschluss auf der Rückseite der Karte durch die Betreuer:innen kurz dokumentiert. Ziel dieser Vorgehensweise war, Anreize zu schaffen und eine gewisse Struktur vorzugeben, ohne jedoch die Möglichkeit der «Freiarbeit» im Makerspace einzuschränken.

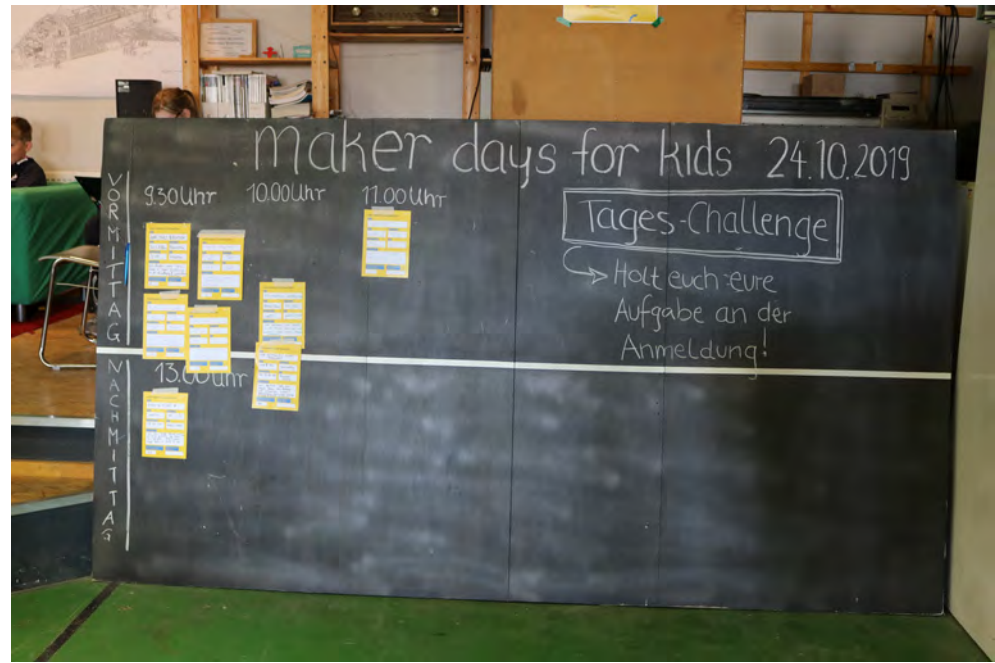


Abb. 6: Tagesplan mit «Workshop»-Karten bei der ersten Durchführung der «MAKER DAYS for kids» in Leipzig im Jahr 2019. Lizenz: CC-BY-ND, MAKER DAYS for kids Leipzig.

In Graz (2018 und 2019) konnten allerdings nur wenige Teilnehmer:innen beim Lesen der Workshopkarten beobachtet werden. Das lag u. a. daran, dass die stichwortartige Beschreibung nicht ausreichend Assoziationen und damit Anreize hervorrief. Die Teilnehmenden informierten sich bevorzugt bei den Betreuer:innen oder bei den anderen Teilnehmer:innen über die Aktivitäten im jeweiligen Werkstattbereich. Im Übrigen gestaltete es sich auch schwierig, feste Anfangszeiten für Workshops festzulegen und diese einzuhalten. In Leipzig wurde das Grundgerüst des Tagesplans übernommen und zu einem Wochenplan erweitert. Ziel war es, für die Teilnehmer:innen sichtbar zu machen, was wann und wo im Verlauf der Woche stattfindet.

Pandemiebedingt war die Projektleitung bei den MAKER DAYS 2020 in Graz verpflichtet, die «Bewegung» in den Werkstattträumen möglichst gering zu halten. Eine offene Werkstatt lebt aber davon, dass sich die Beteiligten «frei» bewegen, austauschen und zusammenarbeiten. Um diesen Charakter möglichst aufrechtzuerhalten und den «Andrang» auf einzelne Werkstattbereiche zu regulieren, wurde in den Jahren 2020 und 2021 eine zentrale Anlaufstelle zur «Platzbuchung» eingerichtet. Für jeden Werkstattbereich legten die Betreuer:innen bestimmte einführende Aktivitäten, sogenannte «Studien» fest, beispielsweise in Form einer schriftlichen Anleitung und/oder eines Video-Tutorials. Ein «Studium» sollte die Teilnehmenden niederschwellig an ein(e) bestimmte(s) Werkzeug oder Making-Technologie heranzuführen

und nicht länger als 30 Minuten in Anspruch nehmen. Ein «Studienplatz» konnte zentral bei der sogenannten «Studienberatung» gebucht werden, die über die Belegung der Plätze in den Werkstattbereichen Bescheid wusste. Zur Orientierung und Anregung erhielten die Teilnehmenden bei der Anmeldung den sogenannten «Studienpass» (s. Abbildung 7), auf dem alle «Studien» der einzelnen Werkstattbereiche angeführt waren. Im Werkstattbereich wurde für jedes absolvierte «Studium» ein entsprechender Aufkleber für den Studienpass ausgegeben.

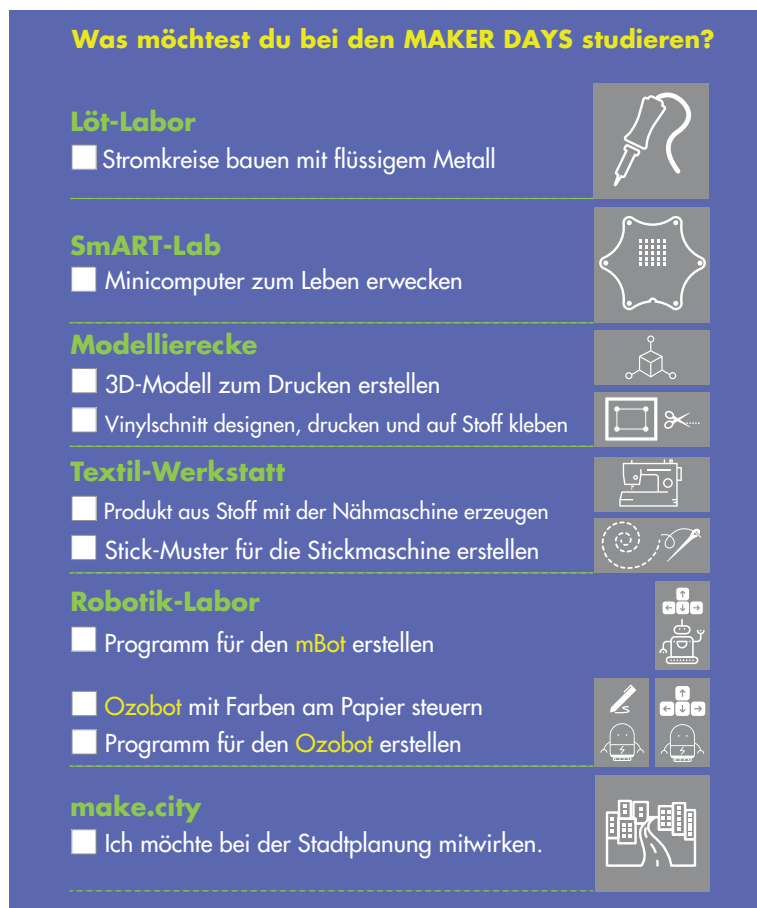


Abb. 7: Der «Studienpass» bei den «MAKER DAYS for kids» in Graz stellt die einführenden Aktivitäten («Studien») in den Werkstattbereichen für die Teilnehmenden übersichtlich dar.

Neben den «Studien» war auch die Umsetzung «individueller Projekte» in allen Werkstattbereichen möglich. Ihre Produktideen beschrieben die Teilnehmenden vorab auf einem einheitlichen Vordruck, dem sogenannten «Make-Canvas» (s. Abbildung 8). Das skizzierte Vorhaben stellten die Teilnehmenden anschliessend im «Kreativbüro» vor, das vorwiegend von Peer-Tutor:innen betreut wurde. Gemeinschaftlich

wurde dann über die Vergabe einer «MAKE-Lizenz», also die Freigabe für die Umsetzung diskutiert und entschieden. Die «Abnahme» des Projekts erfolgte ebenfalls im «Kreativbüro» und wurde durch Reflexionsfragen auf der Rückseite des Canvas unterstützt. Im Jahr 2022 wurde die «Studienberatung» und das «Kreativbüro» ressourcenbedingt und aufgrund des Wegfalls der Corona-Massnahmen als «Ort» aufgelöst. Auch eine Platzbuchung war nicht mehr notwendig. Sowohl der «Studienpass» als auch der «Make-Canvas» blieben erhalten. Die Entscheidung «Studium oder individuelles Projekt» fiel im Gespräch mit der:dem Betreuer:in direkt im Werkstattbereich. Aktivitäten, die nur in einem bestimmten Zeitraum (z. B. von 13–14 Uhr) oder einmalig während der MAKER DAYS in Graz stattfanden, wurden zu Beginn des Tages als «Workshops» angekündigt. Zu einem «Workshop» mussten sich die Teilnehmenden aktiv anmelden (Grandl 2022).

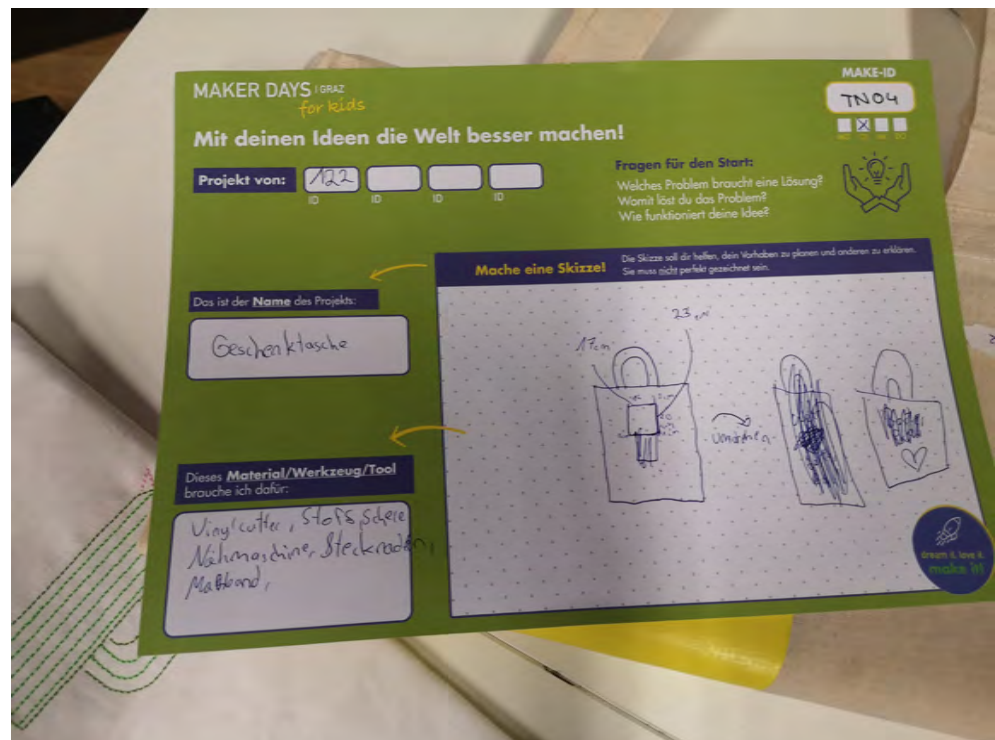


Abb. 8: Der «Make-Canvas» wurde bei den «MAKER DAYS for kids» in Graz im Jahr 2020 eingeführt und soll die Teilnehmenden bei der Findung und Planung ihrer Produktideen unterstützen.

Der «Make-Canvas» kam in angepasster Form auch in Leipzig, vor allem im Zusammenhang mit der «make.leipzig», zum Einsatz (s. Abschnitt 8). Das «Kreativbüro» trug in Leipzig die Bezeichnung «Ideenstube», die auch als Anlaufstelle für Fragen jeglicher Art galt. Die Teilnehmenden wurden dort von Peer-Tutor:innen in ihrer Ideenfindung unterstützt.

Fazit: Bei den MAKER DAYS werden die Teilnehmenden in kurzer Zeit ans «Making» herangeführt. Das erfordert, «ein geeignetes Mass zwischen Struktur und Freiheit innerhalb der Methodenwahl zu finden» (Boy und Sieben 2017, 81) (vgl. Ebner et al. 2021; Schön, Ebner, und Narr 2021). Nach Assaf (2019) «soll die Lehrperson die Aktivität so gestalten, dass sie möglichst offen ist, aber dennoch über genügend Instruktionen verfügt, damit niemand überfordert ist.» Auch Davidson und Price (2018, 115) vertreten diesen Standpunkt: «[...] not all novice makers needed structured design, but without some structured experience to start with, some participants might never engage in maker activities.» Das offene Lehr- und Lernsetting der MAKER DAYS und die vielen Wahlmöglichkeiten machen es notwendig, die Aktivitäten in den Werkstattbereichen zu strukturieren sowie konkrete Beispiele und Aufgabenstellungen zum Selber(nach)machen, beispielsweise ein Video-Tutorial zur Einführung in das 3D-Modellierungsprogramm «Tinkercad», anzubieten (Grandl 2022). Auch wenn nach Assaf (2019) die «Königsdisziplin des Making» darin besteht, ein «eigenes Projekt zu definieren» und in mehreren Phasen – von der Recherche und Ideenfindung über die Erstellung eines Prototypen bis hin zur Präsentation der Ergebnisse – umzusetzen, geht es bei den MAKER DAYS stärker um das unterstützte «Kennenlernen» und «Ausprobieren» bestimmter Making-Aktivitäten bzw. Making-Technologien. Beim «(Mit)machen» erfahren die Teilnehmenden, dass ein bestimmtes Vorhaben (z. B. die Herstellung einer Stofftasche) auch bestimmte Kenntnisse und Fähigkeiten (z. B. den richtigen Umgang mit der Nähmaschine) voraussetzt. Bei den MAKER DAYS in Graz konnten sich die Teilnehmenden im Werkstattbereich für ein «Studium» oder die Umsetzung eines «individuellen Projekts» entscheiden. Aus der Dokumentation der Lernaktivitäten bei der Durchführung in Graz im Jahr 2021 geht hervor, «dass die Kinder am ersten Tag der Teilnahme möglichst viele Arbeitsbereiche ausprobieren und am zweiten Tag gezielt an der Umsetzung ihrer individuellen Projektidee arbeiten» (Grandl 2022, 18; vgl. Brünner 2022). Eine iterativ-tüftelnde Vorgehensweise konnte dabei nur in einzelnen Fällen beobachtet werden. Häufiger wird versucht, möglichst schnell zu einem Ergebnis zu kommen und ein Produkt für die «Eigennutzung» herzustellen – ein Vorgehen, das auch Maurer und Ingold (2019) im Kontext von Making in der Schule beobachten konnten. Das trifft insbesondere auf Making-Aktivitäten im Bereich der «Digital Fabrication» (3D-Drucker, Vinylcutter, Lasercutter) zu. Diese sind bei den Teilnehmenden der MAKER DAYS sehr beliebt, bringen aber häufig einfache, personalisierte Produkte hervor. Von Blickstein (2013) wird dies als «Keychain-Syndrome» beschrieben. Offene Aufgabenstellungen, die

bestimmte Anforderungen an das Produkt stellen, können für den kreativen Prozess in diesem Kontext förderlich sein (Schön, Ebner, und Narr 2021). Auch der in diesem Abschnitt dargestellte «Genehmigungsprozess» für individuelle Projekte unter Verwendung des «Make-Canvas» kann dieser Entwicklung entgegenwirken.

7. Werkstattbereiche, Werkzeuge, Materialien und Making-Aktivitäten

Im Handbuch «Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen» sind 33 Aktivitäten beschrieben, die zum Teil im Rahmen der MAKER DAYS in Bad Reichenhall entstanden sind (Schön, Ebner, und Narr 2016). Für diesen Beitrag wird eine Kategorisierung der Making-Aktivitäten und Werkstattbereiche aller MAKER DAYS vorgenommen. Werkzeuge, Materialien und Ergebnisse werden in Tabelle 4 beispielhaft angeführt.

Kategorie	Beispiele für (digitale) Werkzeuge und Materialien	Beispiele für (digitale) Produkte und Aktivitäten	Anmerkung
(Freies) Basteln und Malen	Acrylfarben, Pinsel, Papier, Hammer, Nägel, Heissklebepistole, Mosaik, Modelliermasse	Kugelbahn, Upcycling-Projekt «Stiftehalter»	–
Digital Fabrication	3D-Drucker, Vinylcutter, Schneidmatten, Bügelpresse, Lasercutter, Sperrholzplatte	Stofftasche mit Vinylschnitt-Design, Keksausstecher	Bei allen Durchführungen kam ein 3D-Drucker zum Einsatz.
Elektronisches Basteln	LötKolben, Löt-Zubehör, Vibrationsmotor, LEDs, Schalter, Batterien, Draht, Seitenschneider, Zange, leitfähiges Garn	Vibrobot, Leuchtobjekte, Leuchtschmuck, Antrieb für selbstgebautes Fahrzeug	Aktivitäten zum Thema «eTextilien» fanden in Graz und Leipzig statt
Game-Design, Programmieren und Physical Computing	BBC micro:bit, Calliope mini, Arduino, (Mobile) Entwicklungsumgebungen und Plattformen: Scratch, Pocket Code, Minecraft, Draw your game	Jump-and-Run-Games, Animationen, Minecraft-Quests bearbeiten, selbstgebaute Ampel	Bei allen Durchführungen in Graz wurden mindestens vier verschiedene Zugänge zum Thema «Programmieren» angeboten.
Robotik	Ozobot, Thymio, mBot, Lego® Mindstorm	Strecke f. d. Ozobot mit Schrankensystem (Thymio, Lego® Technic), Hindernisparcours	–

Kategorie	Beispiele für (digitale) Werkzeuge und Materialien	Beispiele für (digitale) Produkte und Aktivitäten	Anmerkung
Foto- und Video	Digital-Kamera, Analog-Kamera, Stativ, Tablet, Speicherkarte, Karton und Papier, Acrylfarben, Draht, Lego®	Stop-Motion-Trickfilm mit selbstgebastelten Figuren, VR-Cardboard-Brille	In Leipzig lag der Fokus auf medienpädagogischen Angeboten (Dokumentation in Foto, Film und Audio; Foto- und Filmwerkstätten; Trickfilmproduktion; Podcasts).
Audio	Audiorekorder, Mikrophon, Kopfhörer, Mischpult, Audio-Editor	Podcasts, Musik-Remixe, Radio-Beitrag	In Traunstein entwickelten die Teilnehmenden ein «Festivalradio», welches auch als Informationskanal diente.
Textiles Werken	Nähmaschine, programmierbare Stickmaschine, Nähgarn, Stoffreste, Wolle, Knöpfe	Selbstgenähte Polster mit Stickdesign, Haarband	–
Traditionelles Handwerk	Holzabfälle, Säge, Leim, Hammer, Nägel, Bohrmaschine, Brandmalkolben	Brandmalerei, Insektenhaus, Hocker	In Görlitz gab es neben der Brandmalerei-Werkstatt, auch eine Siebdruck-, Buchbinde- und Kunstharzwerkstatt.
Nachhaltige Entwicklung, Soziale Innovation	Lego®, Lego® Technic, Karton, Papier-, Elektro- und Plastikabfälle, Naturmaterialien: Holz, Moos, Äste, Zapfen	Samenbombe, genähter Notizblock aus Papierabfällen, Prototypische Lego®-Bauten für eine lebenswerte (Modell-)Stadt	s. Abschnitt 8

Tab. 4: Werkstattbereiche bei den «MAKER DAYS» im Überblick.

Fazit: Die MAKER DAYS bieten ein vielfältiges Angebot an Materialien, Werkzeugen und Making-Technologien, das die unterschiedlichen Bedürfnisse, Interessen und Kenntnisse der Teilnehmenden berücksichtigt. Insbesondere tragen gendersensible und vielfältige Zugänge zu (informations-)technischen Themen zum Erreichen der Zielsetzung bei. Bei den MAKER DAYS in Graz gibt es fünf unterschiedliche Werkstattbereiche, die sich dem «Algorithmischen Denken» und «Programmieren» widmen. In der «Textilwerkstatt» findet sich neben der traditionellen Nähmaschine auch eine programmierbare Stickmaschine. Die Teilnehmenden entwerfen und programmieren dort individuelle Stick-Designs unter Verwendung der App «Embroidery Designer», die im Anschluss auf ein Stück Stoff übertragen werden. Bei den MAKER DAYS in Graz sprach dieser Zugang bei allen Durchführungen mehrheitlich die weiblichen Teilnehmenden an. Im Kontext von «Coded Embroidery» zeigen die

Forschungsarbeiten von Gursch et al. 2021 sowie Gursch 2022 weitere positive Aspekte für Mädchen, z. B. ein gesteigertes Interesse am Programmieren. Im Gegensatz dazu stehen Werkstattbereiche, die sich dem «freien» Programmieren am/ mit dem Computer (z. B. mit Scratch, Minecraft) widmen, wie beispielsweise das «DevLab» in Bad Reichenhall oder der «Digitale Garten» der MAKER DAYS Graz. Diese werden in der Regel schnell von männlichen Teilnehmenden (über einen Zeitraum von mehreren Stunden) okkupiert. Um dem entgegenzuwirken, gab es bei einzelnen Durchführungen definierte «Girls-Only-Sessions» im betroffenen Werkstattbereich.

8. Grüne Projekte und soziale Innovation

Bereits bei den MAKER DAYS in Bad Reichenhall wurde versucht, Making-Prozesse an die «Ziele für nachhaltige Entwicklung» zu koppeln. Unter dem Stichwort «Green Projects» bauten die Teilnehmenden Insektenhotels und Samenbomben. Insbesondere wurde, wie auch bei allen weiteren Umsetzungen, auf die Trennung und weitgehende Vermeidung von Müll geachtet. Zudem waren alle Beteiligten zum Upcycling, u. a. zur Auf- und Verwertung von Kabel-, Stoff- und Holzresten, aufgerufen. Diese Bemühungen setzten sich in Görlitz mit der «Upcycling-Werkstatt», in Traunstein mit dem «UPCYCLING.SPACE» und in Graz mit gezielten Workshops zum Thema fort. In Leipzig bereiteten die Teilnehmenden in der «Öko-Werkstatt» u. a. Pflegeprodukte (z. B. Shampoos, Peelings) und Knetmasse mit wenigen Zutaten und Inhaltsstoffen selbst zu.

In Graz konnten sich seit 2018 alle Teilnehmenden an der Planung und am Bau der «make.city», einer Modellstadt (in) der Zukunft, beteiligen. Das Ziel bestand darin, (analoge oder analog-digitale) Produkte verschiedener Werkstattbereiche an einem Ort zusammenzubringen und Anreize für die Auseinandersetzung mit Zukunftsthemen und gesellschaftlichen Herausforderungen zu schaffen. Für den Bau der Stadt standen eine Fläche von 9 m² und alle Materialien und Werkzeuge im Makerspace zur Verfügung. Dazu zählten auch Lego®-Steine in unterschiedlichen Ausführungen. Im Jahr 2022 wurde die Stadt nicht am Boden, sondern auf einer Tischgruppe errichtet und örtlich in das Zentrum des Makerspace gerückt. Die Teilnehmer:innen fanden im Gegensatz zu den Jahren zuvor keine völlig unbebaute Fläche vor, sondern waren aufgefordert, ein Gelände mit einer Industrieruine und Wasserfläche neu zu gestalten. Im Jahr 2019 wurde die «Lego® city» in «make.city» umbenannt und mit der «Stadtplanung» ein neuer Werkstattbereich eingerichtet. Dort konnten die Teilnehmenden zu einem täglich wechselnden Fokusthema ihre Ideen und Bauvorhaben auf dem «Make-Canvas» skizzieren, betiteln und einreichen. Die Anträge mussten anschliessend durch das Feedback der anwesenden Kinder genehmigt werden. Um die Teilnehmenden beim Geben von Feedback zu unterstützen, kam ein «Feedback-Würfel» zum Einsatz (DOIT 2019). Die Baugenehmigung bewirkte, dass

die Teilnehmenden öfter und besser miteinander ins Gespräch kamen und, nach einer gemeinsamen Phase der Präsentation und Diskussion, zur Reflexion ihrer Ideen und Vorhaben angeregt wurden.



Abb. 9: Produktion eines Stop-Motion-Videos in der «make.city» bei den «MAKER DAYS for kids» Graz 2022. Lizenz: CC BY-NC-ND Lehr- und Lerntechnologien, TU Graz.

Die Werkstattbereiche «make.city» und «Stadtplanung» wurden im Jahr 2022 erstmals auch in Leipzig eingeführt, adaptiert und um einen «digitalen Raum» ergänzt. Die «make.leipzig», eine Modellstadt, die «Leipzig in 20 Jahren» aus Kinderperspektive darstellen soll, entstand in vier Tagen aus den gemeinschaftlich genehmigten Ideen und Bauten der Teilnehmer:innen. Modelle für die «make.leipzig» konnten durch verschiedene handwerkliche, mediale und digitale Ausdrucksformen gestaltet werden. Hinzu kam, dass die «make.leipzig» parallel digital in/mit der Plattform Minecraft gebaut und gestaltet wurde. Dadurch ergaben sich verschiedene Ebenen des Modellierens und spannende Ergänzungen (Narr und Bunke-Emden 2023). In Traunstein gestalteten die Teilnehmenden einen «Park, in dem sich alle wohlfühlen». Auch dort gab es ein Ideenboard sowie Bau- und Änderungsgenehmigungen. Durch die räumliche Trennung der einzelnen Werkstattbereiche wurde der Park von den Teilnehmer:innen allerdings nicht ausreichend wahrgenommen.

Fazit: Eine materialschonende, nachhaltige Arbeitsweise ist für die Teilnehmenden keine Selbstverständlichkeit und sollte daher bereits bei der Planung der Aktivitäten im Makerspace berücksichtigt werden. Das kann im einfachsten Fall die bewusste Auswahl und Organisation der Bastelmaterialien sein, die den Teilnehmenden im Makerspace zur Verfügung stehen. Insgesamt besteht eine Herausforderung darin, Making-Aktivitäten so an die «Ziele für nachhaltige Entwicklung» zu koppeln, dass die «intrinsische Motivation bei der Umsetzung eigener Ideen» nicht zu sehr eingeschränkt wird (Maurer und Ingold 2019, 51).

9. Erreichbarkeit der Zielgruppe

Ziel der Durchführung in Bad Reichenhall (2015) war es, insbesondere Kinder und Jugendliche aus soziokulturell benachteiligten Milieus zu erreichen. Die gezielte Bewerbung des Projekts in der örtlichen Mittel- und Realschule war eine entsprechende Massnahme und zeigte Wirkung: Die Mehrheit der Teilnehmenden waren Schüler:innen dieses Schultyps. Weil keine weiteren Daten zum sozio-ökonomischen Hintergrund der Teilnehmenden erhoben wurden, ist nicht klar feststellbar, ob die primäre Zielgruppe «in ausreichendem Masse» erreicht werden konnte (Schön, Ebner, und Reip 2018, 21). Auch bei den MAKER DAYS in Leipzig und Görlitz gibt es seit jeher Bemühungen, Kinder und Jugendliche aus diesem Umfeld, beispielsweise aus Schwerpunktgebieten der Stadtentwicklung, zu erreichen. Bei sogenannten «Pop-Up-Aktionen», die vorab an ausgewählten Orten und bei Veranstaltungen stattfanden, wurde dazu eingeladen, das Projekt (unverbindlich) kennenzulernen. Das passierte in Form kurzer, niederschwelliger Aktivitäten, beispielsweise beim Bau einer LED-Taschenlampe oder beim Ausprobieren der Green-Screen-Technik (Narr, Dörner, und Schön 2020). Seit 2020 wird bei der Anmeldung zu den MAKER DAYS in Leipzig auch immer der Wohnort (Stadtteil) der Teilnehmenden abgefragt. Demnach lag der Anteil der Teilnehmenden aus Schwerpunktgebieten der Stadtentwicklung in den Jahren 2020 bis 2023 zwischen 20 und (teilweise über) 30 Prozent.

Bei den MAKER DAYS in Graz, Leipzig, Görlitz und Traunstein war/ist eine (Online-)Voranmeldung durch eine erziehungsberechtigte Person für eine bessere Planbarkeit erforderlich. Im Jahr 2018 erfolgte die Vergabe der Fixplätze bei den MAKER DAYS in Graz nach dem «First-Come-First-Serve-Prinzip». Das führte dazu, dass der Mädchenanteil an zwei Tagen nur knapp über 20 Prozent lag. Um ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis bei den MAKER DAYS in Graz zu erreichen, kam es zur Einführung von Reihungskriterien: Die Hälfte der verfügbaren Plätze vergab die Projektleitung an Mädchen. Kinder und Jugendliche, die bereits an den MAKER DAYS teilgenommen hatten, wurden nach hinten gereiht oder als Peer-Tutor:innen angefragt. Trotz einer gendersensiblen Bewerbung der Veranstaltung, sprach das Angebot in den ersten drei Jahren mehrheitlich Buben bzw. deren Eltern an. Erst in den

Jahren 2021 und 2022 stieg in Graz die Gesamtzahl der Anmeldungen von Mädchen. Letztlich nahmen bei den Durchführungen in den Jahren 2021 und 2022 täglich mehr Mädchen als Buben teil.

Es wird vermutet, dass die MAKER DAYS in Graz zunächst als Bildungsangebot einer «technischen» Universität wahrgenommen wurden. Zum einen spricht das Feld der Naturwissenschaften und Technik, nach wie vor, mehrheitlich (Eltern von) Buben an, zum anderen erreichen die Angebote einer Universität vor allem auch Eltern mit einem höheren Bildungsabschluss bzw. aus dem akademischen Umfeld. Genauere Informationen zum Bildungshintergrund der Eltern wurden in Graz nicht erhoben. Die Teilnehmer:innen kamen jedoch vorwiegend aus der Stadt Graz und dem Grazer Umland. Die Projektleitung in Graz geht davon aus, dass die Veranstaltung mit zunehmender Bekanntheit auch mehr Mädchen und Kinder aus bildungsfernen Familien erreichen konnte. Bei den MAKER DAYS in Bad Reichenhall war eine Voranmeldung zur Veranstaltung weder notwendig noch möglich. Insgesamt konnte bei nahezu allen Durchführungen ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis erzielt und die angezielte Altersgruppe gut erreicht werden.

Fazit: Um ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis im Makerspace zu erzielen und bestimmte Zielgruppen zu erreichen, müssen Massnahmen entwickelt und frühzeitig gesetzt werden, beginnend mit der Bewerbung der Veranstaltung. Eine Voranmeldung zur Veranstaltung bietet die Möglichkeit, «eine Quote für Mädchen festzulegen» (Schön et al. 2018).

10. Betreuer:innen und Peer-Tutor:innen

Bei allen Durchführungen wirkten mindestens zehn erwachsene Betreuer:innen und mindestens fünf Peer-Tutor:innen mit. In Traunstein waren es sogar mehr als 10 Peer-Tutor:innen und in Graz zählte das gesamte Team bei den ersten Umsetzungen nahezu 30 Personen. Die Teams in Bad Reichenhall, Leipzig, Görlitz und Traunstein setzten sich u. a. jeweils aus freiberuflichen Maker:innen, Fach- und Lehrkräften aus den Bereichen Informatik, Medien- und Sozialpädagogik, Kultur- und Kommunikationswissenschaft, Handwerk und Design sowie lokalen Kooperationspartner:innen und Studierenden zusammen. Für die MAKER DAYS in Görlitz wurden unterschiedliche lokale und regionale Akteur:innen vor Ort eingebunden und so vormalig für sich stehende Kultur- und Kreativangebote mit technologie- und nachhaltigkeitsfokussierten Angeboten aus der Kulturarbeit, der Pädagogik und dem Handwerk in einem Projekt zusammengebracht. Die von den Partner:innen gestellten Betreuer:innen wurden vor Ort teilweise durch Honorarkräfte unterstützt.

In Graz bestand das Kernteam in allen fünf Jahren aus etwa zehn Mitarbeiter:innen der Serviceeinrichtung «Lehr- und Lerntechnologien» und des Vereins «BIMS e.V.». Zum Team stiessen jährlich zwei Ferienkräfte und vier bis sechs (Lehramt-)

Studierende der TU Graz, vorwiegend aus den Bereichen Lehramt Informatik, Lehramt Technische Textile Gestaltung, Softwareentwicklung, Elektrotechnik, Maschinenbau und Architektur hinzu. Die Projektleitung in Graz gab die organisatorische, thematische und methodische Ausrichtung der Werkstattbereiche vor, welche mit den Studierenden in mehreren Iterationen besprochen und diskutiert wurde. Die Studierenden stellten Selbstlernmaterialien für die Teilnehmenden zusammen und gaben der Projektleitung im Vorfeld bekannt, welche Materialien und Werkzeuge für den jeweiligen Werkstattbereich erforderlich sind. Bei den MAKER DAYS in Leipzig und Görlitz wurde die Verantwortung für die einzelnen Werkstattbereiche zum grossen Teil auf die Betreuer:innen übertragen und so die Vorbereitungsarbeit (für einzelne Werkstattbereiche) weitestgehend ausgegliedert.

An allen Standorten fanden vorab Schulungen und Besprechungen für/mit die/den Peer-Tutor:innen statt, jedoch in unterschiedlichem Ausmass. Bei den MAKER DAYS in Bad Reichenhall wirkte eine fixe Gruppe von «Peers» bereits bei der Konzeption mit. Im Rahmen der MAKER DAYS in Traunstein absolvierten einige Peer-Tutor:innen ihr Sozialpraktikum. In Graz, Leipzig und Görlitz fanden vereinzelt inhaltliche und konzeptionelle Workshops mit den Peer-Tutor:innen, meist Teilnehmende aus dem/den Vorjahr/en, statt. Darüber hinaus wurden die Peer-Tutor:innen erst während der MAKER DAYS «gesichtet». Die Bereitschaft, «Peers» bei der Arbeit im Makerspace zu unterstützen oder die Rolle des/der Lehrenden oder Expert:in einzunehmen, weist meist auf eine besondere Methoden-, Fach- oder Sozialkompetenz der Kinder und Jugendlichen hin (Nörber 2010).

Fazit: Ein offenes Lehr- und Lernsetting verlangt von den Betreuer:innen, «genügend Kompetenzen» zu «besitzen, um individuelle Umsetzungen [...] begleiten» zu können (Assaf 2019). In diesem Zusammenhang wird die Bedeutung von diversen Teams sichtbar. Die unterschiedlichen Interessen und Fähigkeiten der Betreuer:innen machen es möglich, interdisziplinär zusammenzuarbeiten und die vielfältigen Vorhaben der Teilnehmenden zu unterstützen. Insbesondere wirken weibliche Betreuer:innen und Peer-Tutor:innen als Rollenvorbilder und sprechen im Makerspace mehr Mädchen an (Gappmaier 2018; Schön et al. 2018). Wichtig zu bedenken ist auch, dass nicht alle Betreuer:innen Erfahrungen im «Making» mitbringen bzw. mit den «Merkmale der Maker Education» vertraut sind, beispielsweise mit dem Arbeiten in einer kooperativen Lernumgebung mit flachen Hierarchien. (s. Abbildung 2). Die Konzipierung und Abhaltung von «Maker Educator»-Workshops ist eine Massnahme, um die Betreuer:innen an ein Lehr- und Lernsetting heranzuführen, das sich didaktisch und pädagogisch vom traditionellen Schulunterricht unterscheidet und das vom klassischen «Fächerdenken» abweicht (vgl. Lamberti und Gomez 2020). Hier ist jedoch zu beachten, dass die Entwicklung eines «Maker-Mindsets» Zeit und Erfahrung erfordert und nicht mit einer einmaligen Making-Aktivität abgeschlossen ist (vgl. Maurer und Ingold 2019). Das trifft auch auf die Teilnehmenden

und Peer-Tutor:innen der MAKER DAYS zu. Dennoch sind «Peers» bzw. «Peer Educators» «für die Übernahme von Werten, Normen wie auch Verhaltensweisen für junge Menschen hoch bedeutsam» (Nörber 2010, 75). Dass Peer-Lernen jedoch nicht immer spontan gelingt, bestätigen auch Boy und Sieben (2017). Auch bei den MAKER DAYS zeigte sich, dass «immer wieder auch pädagogische Interventionen» erforderlich sind, um Peer-Lernen zu ermöglichen und zu fördern (ebd., 39).

11. Wissenschaftliche Begleitung und veröffentlichte Ressourcen

Zu allen Durchführungen gab es begleitende empirische Untersuchungen, die qualitative und quantitative Daten (in unterschiedlichem Ausmass) erhoben. Diese wurden zu Teilen ausgewertet (s. Tabelle 5). Weitere Auswertungen und Forschungsarbeiten sind geplant. Um die Lehr- und Lernaktivitäten der Betreuer:innen und Teilnehmer:innen im Makerspace einfach und systematisch zu erfassen und zu dokumentieren, wurde so bei den ersten MAKER DAYS in Bad Reichenhall ein Vorgehen genutzt, das ein vergleichsweise genaues Monitoring der Aktivitäten in einem sonst freien und offen Format zulässt: Jede:r Teilnehmer:in erhält ein Namensschild mit einer eindeutigen Zahl (ID). Diese ID dient dazu, die Aktivitäten der Teilnehmenden im Makerspace einfach zu erfassen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Über die ID, der Geschlecht und Alter des/der Teilnehmer:in hinterlegt sind, können die gesammelten Daten anonymisiert ausgewertet werden. Das passierte in der beschriebenen Form bei allen Durchführungen der MAKER DAYS in Graz und einmalig in Leipzig (Gappmaier 2018; Grandl, Ebner, und Strasser 2020). IDs kamen auch aus didaktischen Überlegungen heraus zum Einsatz: Bei einzelnen Durchführungen wurde die ID (ausschliesslich) dazu genutzt, Fotos und Videos der Projektergebnisse anonym, d. h. ohne Nennung der Namen der Kinder, in einem Weblog zu veröffentlichen und in Form individueller «Portfolios» zugänglich zu machen. Bei den MAKER DAYS in Traunstein kamen IDs nur für diesen Zweck zur Anwendung.

Bei der Auswertung ist zu berücksichtigen, dass bei der (schriftlichen) Dokumentation der Aktivitäten und Ergebnisse (durch die Betreuer:innen) immer auch Fehler und Ungenauigkeiten auftreten (können), beispielsweise wenn Betreuer:innen übersehen, die IDs einzelner Teilnehmer:innen im Werkstattbereich zu erfassen oder Teilnehmende vergessen, ihre digitalen Produkte zu speichern. In welchem Ausmass die Ergebnisse dadurch beeinträchtigt sind, ist oft schwer abzuschätzen. Um die Dokumentationsarbeit zu optimieren, wurde in Graz eine technische Lösung auf Basis der NFC-Technologie (Near Field Communication) entwickelt und im Jahr 2021 erfolgreich eingesetzt:

«Über einen NFC-Tag am Namensschild konnten die Aktivitätszeiten jedes:jeder Teilnehmers:in in den einzelnen Arbeitsbereichen mittels Check-In und Check-Out am NFC-Lesegerät erfasst werden» (Brünner 2022, 4).

Diese Vorgehensweise «hat in der Gesamtheit mehr Probleme gelöst, als sie durch die steigende Komplexität hinzugefügt hat» (ebd., 58).

MAKER DAYS	Datenerhebung		Ausgewählte Veröffentlichungen (Praxisbeiträge, Fachartikel, Lehr- und Lernressourcen)
	quantitativ	qualitativ	
Bad Reichenhall	Fragebogen für Betreuer:innen; «Workshopkarten» zur Dokumentation der «Workshops»: Betreuer:innen notierten IDs der Teilnehmenden und beantworteten Fragen zum Ablauf.	Beobachtungen; Interviews mit Betreuer:innen, Peer-Tutor:innen und Teilnehmer:innen; Freitext-Frage(n) am Fragebogen und auf der «Workshopkarte»; Foto- und Videodokumentation der (digitalen) Ergebnisse und Veranstaltung, u. a. in Form individueller «ePortfolios»	(Gappmaier 2018), (Schön, Ebner, und Reip 2018), (Schön, Ebner, und Grandl 2020), (Schön et al. 2018) MOOC «Making – Kreatives digitales Gestalten mit Kindern» auf iMooX.at
Graz	Fragebogen für Teilnehmer:innen (nach der Führung durch den Makerspace und vor dem Abschluss der Veranstaltung); Betreuer:innen der Werkstattbereiche dokumentierten die Besuche und Aktivitäten der Teilnehmer:innen über die ID mit Zeitstempel und einer stichwortartigen Beschreibung der Tätigkeit.	Beobachtungen; Interviews mit Betreuer:innen, Peer-Tutor:innen und Teilnehmer:innen; Teilnehmende fertigten Skizzen und Notizen zu den individuellen Projektideen auf einem «Make-Canvas» an; Foto- und Videodokumentation der (digitalen) Ergebnisse und Veranstaltung, u. a. in Form individueller «ePortfolios»	(Grandl, Ebner, und Strasser 2020), (Grandl et al. 2021), (Brünner 2022), (Spieler, Grandl, und Krnjic 2020), (Strasser, Grandl, und Ebner 2019) MOOC «Maker Education» auf iMooX.at Eine umfassende Auswertung der quantitativen und qualitativen Daten, die bei allen Durchführungen in Graz erhoben wurden, findet gerade im Rahmen einer Dissertation statt.

MAKER DAYS	Datenerhebung		Ausgewählte Veröffentlichungen (Praxisbeiträge, Fachartikel, Lehr- und Lernressourcen)
	quantitativ	qualitativ	
Leipzig	Feedbackbogen für Teilnehmer:innen; Feedback der Eltern wurde eingeholt, u. a. über einen abschliessenden Online-Fragebogen.	Beobachtungen; Interviews mit Betreuer:innen, Peer-Tutor:innen und Teilnehmer:innen; In ausgewählten Werkstattbereichen: Teilnehmende fertigten Skizzen und Notizen zu den individuellen Projektideen auf dem «Make-Canvas» an; Foto- und Videodokumentation der (digitalen) Ergebnisse und Veranstaltung (vorwiegend durch die Teilnehmenden selbst); Bei der Durchführung im Jahr 2020 dokumentierten die Teilnehmenden ihre Aktivitäten am Ende des Tages in einem «MAKER DAYS for kids»-Tagebuch.	(Bunke-Emden 2020a), (Bunke-Emden 2020b), (Narr, Dörner, und Schön 2020), (Narr und Bunke-Emden 2023) https://makerdaysforkids.eu/leipzig/
Görlitz	Feedback der Teilnehmenden und Eltern wurde eingeholt, u. a. über einen abschliessenden Online-Fragebogen	Foto- und Videodokumentation der Ergebnisse und Veranstaltung (vorwiegend durch die Teilnehmenden selbst)	https://makerdaysforkids.eu/goerlitz/
Traunstein	–	Foto- und Videodokumentation der Ergebnisse und Veranstaltung, u. a. in Form individueller «ePortfolios»	https://jungemaker.wordpress.com/portfolio/maker-days-2022-traunstein/ Beispielhaftes Portfolio der Teilnehmer:in T0009 (ID): https://jungemaker.wordpress.com/tag/t0009/

Tab. 5: Erhebungsmethoden und ausgewählte Veröffentlichungen im Überblick.

Seit der ersten Durchführung im Jahr 2015 gibt es Bemühungen, die Erfahrungen aus der Praxis mit konkreten Forschungsergebnissen zu verbinden und der breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Im einfachsten Fall sind das Beschreibungen einzelner Making-Aktivitäten oder Making-Technologien, die bei den MAKER DAYS zum Einsatz kommen. Genaue Einblicke in den Makerspace der MAKER DAYS Graz gibt es im MOOC «Maker Education», der über die Plattform iMooX.at angeboten wird und Teil der Lehrveranstaltung «Einführung in die Arbeit in Makerspaces» (Studienfach «Technische und Textile Gestaltung») an der Technischen Universität Graz

ist. Seit 2015 ist vor allem im deutschsprachigen Raum die Zahl der (Forschungs-) Projekte mit ähnlichen Zielsetzungen – und damit verbunden auch die Zahl der Forschungsarbeiten, die «Making» im pädagogischen Kontext betrachten –, gestiegen. Auf einige davon hat dieser Beitrag referenziert. Die MAKER DAYS als Konzept und Format vereinen viele Aspekte und schaffen einen Rahmen, in dem «Neues» einfach ausprobiert und «Altes» weiterentwickelt werden kann. Die nächsten Durchführungen fordern bereits zum «Mitmachen» auf.

Literatur

- Assaf, Dorit. 2019. «DIE MUSTERLÖSUNG LIEGT NICHT BEI - Best Practices zur Umsetzung von open-ended Maker-Projekten». In *Chance Makerspace: Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer, und Daniel Trüby, 263–73. München: kopaed. <https://doi.org/10.18747/PHSG-coll3/id/1133>.
- Blikstein, Paulo. 2013. «Digital Fabrication and «Making» in Education: The Democratization of Invention». In *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, herausgegeben von B. Walter-Hermann und C. Büching. Bielefeld: transcript.
- Boy, Henrike, und Gerda Sieben, Hrsg. 2017. *Kunst & Kabel: Konstruieren, Programmieren, Selbermachen!* München: kopaed.
- Brünner, Benedikt. 2022. «Erhebung von Lernaktivitäten in einem Pop-Up-Makerspace mit einer technischen Low-Budget-Lösung im Sinne der Maker Education». Masterarbeit, Technische Universität Graz.
- Bunke-Emden, Hannah. 2020a. ««Wenn man einfach neue Sachen ausprobiert» – Eine qualitative Untersuchung der Potenziale von Making-Aktivitäten in informellen Lernumgebungen für die Medienpädagogik anhand des Projektes Maker Days for Kids Leipzig». Masterarbeit, Universität Leipzig.
- Bunke-Emden, Hannah. 2020b. «Potenziale von Making-Aktivitäten in informellen Lernumgebungen für die Medienpädagogik». *Medienimpulse*, 23 Seiten. <https://doi.org/10.21243/MI-04-20-11>.
- Davidson, Ann-Louise, und David William Price. 2018. «Does Your School Have the Maker Fever? An Experiential Learning Approach to Developing Maker Competencies». *LEARNING Landscapes* 11 (1): 103–20. <https://doi.org/10.36510/learnland.v11i1.926>.
- DOIT. 2019. «[German] Selection of DOIT toolbox materials». <https://de.slideshare.net/DOIT2020/german-selection-of-doit-toolbox-materials>.
- DOIT Europe. 2020. «Making Social Innovators - Workshop Designs für und mit jungen sozialen Innovator/inn/en von 6 bis 16». <https://www.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/2023/04/German-DOIT-Handbook.v2.pdf>.

- Ebner, Martin, Sandra Schön, Kristin Narr, Maria Grandl, und Elaine Khoo. 2021. «Learning Design for Children and Youth in Makerspaces: Methodical-Didactical Variations of Maker Education Activities Concerning Learner's Interest, Learning with Others and Task Description:» In . Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211212.038>.
- Gappmaier, Lena. 2018. «Analyse von Maker Days und Konzepterstellung zur Durchführung an Hochschulen». Masterarbeit, Technische Universität Graz.
- Grandl, Maria. 2022. «Pop-Up-Makerspace - Personalisiertes Lernen in den Kreativwerkstätten des 21. Jahrhunderts». *Lernen - personalisiert & digital* 3 (11): 16–18.
- Grandl, Maria, Martin Ebner, Sandra Schön, und Benedikt Brünner. 2021. «MAKER DAYS for Kids: Learnings from a Pop-up Makerspace». In *Robotics in Education*, herausgegeben von Wilfried Lepuschitz, Munir Merdan, Gottfried Koppensteiner, Richard Balogh, und David Obdržálek, 1316: 360–65. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67411-3_33.
- Grandl, Maria, Martin Ebner, und Andreas Strasser. 2020. «Setup of a Temporary Makerspace for Children at University: MAKER DAYS for Kids 2018». In *Robotics in Education*, herausgegeben von Munir Merdan, Wilfried Lepuschitz, Gottfried Koppensteiner, Richard Balogh, und David Obdržálek, 1023: 406–18. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6_37.
- Gursch, Sarina. 2022. «Coding Initiative Provides Different Approaches to Inspire Girls for Programming». In *30th International Conference on Computers in Education Conference Proceedings*, 655–59. Malaysia. https://www.researchgate.net/publication/366426496_Coding_Initiative_Provides_Different_Approaches_to_Inspire_Girls_for_Programming.
- Gursch, Sarina, Vesna Krnjic, Katja Urak, Wolfgang Slany, und Michael Herold. 2021. «How to Encourage girls to code Through Embroidery Patterns». In *Proceedings of the 4th International Conference on Gender Research*, herausgegeben von Elisabeth T. Pereira, Carlos Costa, und Zélia Breda, 122–29. Portugal: Curran Associates, Inc.
- Hammer, Tamara, Gabriele Hampson, und Steven Marx. 2018. «WILMA Handbuch 2018». <https://wilmaonline.net/das-wilma-handbuch/>.
- Happe, Lucia, Barbora Buhnova, Anne Koziolok, und Ingo Wagner. 2021. «Effective Measures to Foster Girls' Interest in Secondary Computer Science Education: A Literature Review». *Education and Information Technologies* 26 (3): 2811–29. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10379-x>.
- Hatch, Mark. 2014. *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. New York: McGraw-Hill Education.
- Lamberti, Alma, und Paloma Cantero Gomez. 2020. «Report about DOIT facilitator trainings, deliverable (D5.5) of the Horizon 2020 project DOIT». Salzburg: Salzburg Research. https://www.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/doit/5.5-DOIT-Report-about-DOIT-facilitator-trainings_deliverable.pdf.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2019. «Mit Making zu mehr digitaler Mündigkeit?». *merz* 63 (4 Making und Medienpädagogik): 44–54. <https://doi.org/10.21240/merz/2019.4.12>.

- Narr, Kristin, und Hannah Bunke-Emden. 2023. «Unsere Stadt der Zukunft: make.leipzig 2042». *participart. Medien. Kunst. Pädagogik*. (blog). 7. Februar 2023. <https://participart.net/2023/02/07/unsere-stadt-der-zukunft-make-leipzig-2042/>.
- Narr, Kristin, Jördis Dörner, und Sandra Schön. 2020. «Die Maker Days for Kids in Leipzig. Kinder erfinden und entwickeln in einer offenen digitalen Werkstatt.» In *kulturszene 20 - Jahresbericht des Fonds Soziokultur*. https://www.fonds-soziokultur.de/media/kulturszene_20_webversion.pdf.
- Nörber, Martin. 2010. «Peer Education», Peer-to-Peer – Aufklärung von Gleich zu Gleich, Kinder- und Jugendschutz in Wissenschaft und Praxis (KJug) (3/2010): 75–78.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Maria Grandl. 2020. «Designing a Makerspace for Children – Let’s Do It». In *Educational Robotics in the Context of the Maker Movement*, herausgegeben von Michele Moro, Dimitris Alimisis, und Luca Iocchi, 946:3–15. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18141-3_1.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr, Hrsg. 2016. *Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen: Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten*. 2. Auflage. Norderstedt: Books on Demand.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr. 2021. «Digitales kreatives Gestalten mit Kindern und Jugendlichen in Makerspace-Settings. Hintergrund und methodische Umsetzung». In *Handbuch Lernen mit digitalen Medien*, herausgegeben von Gerold Brägger und Hans-Günter Rolff, 514–35. Weinheim: Beltz. https://www.researchgate.net/publication/343153528_Digitales_kreatives_Gestalten_Hintergrund_und_methodische_Ansatze.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Ingrid Reip. 2018. «Kreative digitale Arbeit mit Kindern in einer viertägigen offenen Werkstatt». *Medienimpulse* 54 (1, Printmedien in Österreich). <https://doi.org/10.21243/MI-01-16-13>.
- Schön, Sandra, Kristin Narr, Maria Grandl, und Martin Ebner. 2019. «Making mit Kindern und Jugendlichen. Einführung und ausgewählte Perspektiven». In *Chance Makerspace: Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer, und Daniel Trüby. München: kopaed. <https://www.researchgate.net/publication/334376190>.
- Schön, Sandra, Margarethe Rosenova, Martin Ebner, und Maria Grandl. 2018. «Poster: How to Support Girls’ Participation at Projects in Makerspace Settings. Overview on Current Recommendations». <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17596.49285>.
- Spieler, Bernadette. 2018. «Development and Evaluation of Concepts and Tools to Reinforce Gender Equality by Engaging Female Teenagers in Coding». Technische Universität Graz. https://bernadette-spieler.com/wp-content/uploads/2018/10/Dissertation_Spieler.pdf.
- Spieler, Bernadette. 2023. «Empfehlungen für gendersensible MINT-Angebote (WhitePaper)». *digitalswitzerland* (blog). 23. Januar 2023. <https://digitalswitzerland.com/de/empfehlungen-fuer-gendersensible-mint-angebote/>.

- Spieler, Bernadette, Maria Grandl, und Vesna Krnjic. 2020. «The hAPPy-Lab: A gender-conscious way to learn coding basics in an open makerspace setting». In *CEUR Workshop Proceedings*, 64–75. Tallinn, Estonia. <https://ceur-ws.org/Vol-2755/paper6.pdf>.
- Spieler, Bernadette, Libora Oates-Indruchová, und Wolfgang Slany. 2020. «FEMALE STUDENTS IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION: UNDERSTANDING STEREOTYPES, NEGATIVE IMPACTS, AND POSITIVE MOTIVATION». *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering* 26 (5): 473–510. <https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2020028567>.
- Straka, Gerald. 1996. «Selbstgesteuertes Lernen - Vom ‚Key West-Konzept‘ zum ‚Modell motivierten selbstgesteuerten Lernens‘». In *Arbeit, Lernen und Organisation*, herausgegeben von Harald Geissler, 59–78. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Strasser, Andreas, Maria Grandl, und Martin Ebner. 2019. «Introducing Electrical Engineering to Children with an Open Workshop Station at a Maker Days for Kids Event». In *Proceedings of EdMedia + Innovate Learning 2019*, herausgegeben von Theo Bastiaens, 790–99. Amsterdam, Netherlands: Association for the Advancement of Computing in Education.
- United Nations. 2023. «THE 17 GOALS». 1. August 2023. <https://sdgs.un.org/>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Digital Fabrication als Brücke zwischen Making und Informatik

David Baberowski¹ , Thiemo Leonhardt¹  und Nadine Bergner² 

¹ Technische Universität Dresden

² RWTH Aachen

Zusammenfassung

Digital Fabrication (DF) bezeichnet das Planen, Konstruieren und Herstellen von Gegenständen mithilfe von Software und computergesteuerten Werkzeugen. DF ist eng mit Making und Maker Education verbunden und bietet gleichzeitig viele inhaltliche Anknüpfungsmöglichkeiten für den Medien- und Informatikunterricht. Der Beitrag argumentiert für DF als Verbindungsstück zwischen Maker Education und Informatikunterricht, indem ein DF-Prozess, bestehend aus den drei Schritten Konstruktion, Transformation und Interpretation, eingeführt wird. Dieser Prozess wird sowohl aus der Anwender- als auch aus der fachinformatischen Perspektive betrachtet. Die herausgearbeiteten Anknüpfungspunkte werden anschliessend mit existierenden Kompetenzmodellen der Informatik verglichen. Das Resultat ist, dass mit der Anwendung von DF im Informatikunterricht eine breite Abdeckung der Kompetenzbereiche (ausgehend von den Bildungsstandards der GI) erreicht werden kann. Neben dieser wichtigen Voraussetzung ist für eine feste Integration von Making und DF in den Informatikunterricht vor allem die Fortbildung von Lehrkräften diesbezüglich von grosser Bedeutung, weshalb ein Seminarkonzept für Lehramtsstudierende erarbeitet wurde. Die ersten Learnings der Pilotierung zeigen, dass eine Integration von DF in den Informatikunterricht gelingen kann und zeigen offene Forschungsfragen auf. Insbesondere ist für eine nachhaltige und umfassende Verankerung von Making im Schulunterricht neben der inhaltlichen Passung auch die Integration von Projektmethoden und Schülerzentrierung in den Informatikunterricht notwendig.

Digital Fabrication: A Bridge between Making and Informatics

Abstract

Digital fabrication (DF) refers to the planning, design, and manufacturing of objects with the help of software and computer-controlled tools. DF is closely related to Making and Maker Education and at the same time offers many possibilities for media and computer



science education. The paper argues for DF as a connector between maker education and computer science education by introducing a DF process consisting of the three steps of construction, transformation, and interpretation. This process is considered from both user and subject informatics perspectives. The identified connecting points are then compared with existing competency models in computer science. The result is that a broad coverage of the competence areas (based on the educational standards of the GI) can be achieved with the application of DF in computer science education. In addition to this important prerequisite, the training of teachers is of great importance for a firm integration of Making and DF in computer science lessons, which is why a seminar concept for student teachers was developed. The first learnings of the pilot show that an integration of DF into computer science teaching can succeed and point out open research questions. In particular, for a sustainable and comprehensive anchoring of Making in school lessons, the integration of project methods and student-centeredness in computer science lessons is necessary in addition to the content-related fit.

1. Digital Fabrication und Medienpädagogik

In diesem Beitrag wird Digital Fabrication (DF) als Vertreterin von Making und Maker Education im Kontext von Schule, insbesondere Medienpädagogik und Informatik, objektiv betrachtet. Es wird die Überzeugung der Autor:innen dargelegt, dass DF den Informatikunterricht auf vielfältige Weise, sowohl methodisch als auch inhaltlich, bereichern kann. Zur Einordnung von DF wird zunächst die Perspektive der Medienpädagogik herangezogen.

DF beschreibt den Prozess des Entwerfens, Konstruierens und Herstellens physischer Produkte mithilfe computergesteuerter Werkzeuge wie 3D-Drucker und Laser-Cutter (vgl. Torgersson 2014). Mit dieser prozessorientierten Definition lassen sich sowohl Anwendungen dieser Fertigungsverfahren in der Industrie als auch im Hobby- und Bildungsbereich zum Themenkomplex DF zusammenfassen. Damit gewinnt das Thema DF sowohl für den Einzelnen als auch für die Gesellschaft zunehmend an Bedeutung, da es die bedarfsgerechte Herstellung individualisierter und spezialisierter Objekte (auch im privaten Bereich) ermöglicht. DF kann somit ein vielseitiges Werkzeug sein, für dessen Nutzung jedoch digitalisierungsbezogene Kompetenzen erforderlich sind. Neben dem 3D-Druck, der am weitesten verbreiteten Anwendung von DF, gibt es weitere Produktionswerkzeuge wie Laser-Cutter oder computergesteuerte Fräsmaschinen. All diese Anwendungen basieren auf CNC-Systemen, was für *computerized numerical control* steht. Diese sind in der Lage, verschiedene Werkzeuge gezielt entlang ihrer Achsen zu bewegen. Beispiele für CNC-Systeme mit zwei Achsen sind Laser-Cutter oder Plotter, 3D-Drucker arbeiten entsprechend mit drei Achsen, ebenso wie viele Metallfräsmaschinen. Es gibt auch Systeme mit weiteren

Achsen, um das Werkzeug neben der Translation zu einer Koordinate auch durch Neigung auszurichten. Diese sind jedoch im Schul- und Hobbybereich bisher nicht vertreten und stehen daher nicht im Fokus dieses Beitrages.

Betrachten wir diese Fertigungsmethoden unter informatikdidaktischer Perspektive, so folgen alle einem gemeinsamen generalisierbaren Prozess. In diesem lassen sich zahlreiche Anknüpfungspunkte zu medienpädagogischen und informatischen Konzepten und Prozessen finden. In diesem Beitrag wird der DF-Prozess als mögliche Anwendung für den Informatikunterricht (mit Bezügen zur Medienbildung) diskutiert. Im Kern können Kompetenzen aus bestehenden Kompetenzmodellen und Lehrplänen im Bereich Medien und Informatik durch DF vertieft werden. Ebenso können die eingesetzten Werkzeuge wie 3D-Drucker und Laser-Cutter selbst als Lernobjekte betrachtet werden. Durch die Vielzahl möglicher Anknüpfungspunkte bietet DF, insbesondere in Verbindung mit dem Einsatz in Projekten, das Potenzial, verschiedene Inhalte der Informatik besser miteinander zu verzahnen.

Aus der Vielzahl medienpädagogischer Ansätze lassen sich für den Kontext der DF zwei als besonders geeignet herausstellen: aufklärende Ansätze und handlungsorientierte, partizipative Ansätze. Bei den aufklärenden Ansätzen geht es nach Süß et al. vor allem darum, den Lernenden die Funktionsweise der Medien zu vermitteln, um Medienwirkungen in positive Bahnen zu lenken. Dadurch soll die Autonomie der Lernenden erhöht und eine kritische Auseinandersetzung ermöglicht werden. Hier können durch den digitalen Herstellungsprozess in DF die verwendeten Werkzeuge (Software wie Hardware) analysiert und beispielsweise im Kontext von Urheberrechtsverletzungen diskutiert werden (Süß, Lampert, und Trültzsch-Wijnen 2018). Der handlungsorientierte, partizipative Ansatz stellt die eigenständige Gestaltung und Verbreitung von Medien in den Mittelpunkt (ebd.) Die Lernenden werden zu aktiven Produzenten. Dabei werden die Möglichkeiten und Grenzen der Medien bewusst. Die Herstellung von digitalen Modellen und im weiteren Verlauf des DF-Prozesses von physischen Produkten bietet hier viele Anknüpfungspunkte. So können digitale Modelle ausgetauscht und verbreitet werden, Lizenz- und Urheberrechtsfragen frühzeitig aktiv behandelt und die Herstellung eigener realer Produkte diskutiert werden.

2. Die Brücke zwischen Making und Informatik

Making und DF werden teilweise synonym verwendet, da beide aus der gleichen Community stammen und sich auf dieselben pädagogischen Grundprinzipien beziehen (Blikstein et al. 2021). In diesem Beitrag wird Making jedoch als Oberbegriff verstanden, der neben DF auch manuelle Fertigungsmethoden einschließt. Sowohl DF als auch Making legen grossen Wert auf Problemlöseprozesse, Projektorientierung und den kreativen Umgang mit Technik. Diese Ansätze sind in der Regel in

ausserschulischen Lernangeboten wie Fab Labs und Maker Spaces häufiger anzutreffen als im Schulunterricht (Blikstein et al. 2021). Durch eine bessere Verbindung von DF mit dem Informatikunterricht können nicht nur interessante inhaltliche Aspekte, sondern auch methodische und pädagogische Vorteile erzielt werden.

Um die Verbindung zwischen Making und Informatik genauer zu betrachten, soll zunächst der Begriff des Makings erklärt und sollen alternative Ansätze wie Physical Computing (PC) eingeordnet werden. Beide Ansätze sind eng mit Konzepten wie Design Thinking und Maker Education verbunden, welche von Veldhuis et al. (2021) gegenübergestellt wurden. Design Thinking setzt projektbasiertes Lernen als Methode in den Fokus, welche darauf zielt, ein noch unbekanntes Produkt zu erschaffen. Eine bedeutende Eigenschaft dabei ist der Bezug zwischen dem Produkt und der Lebenswelt der Schüler:innen (Katterfeldt, Dittert, und Schelhowe 2015; Razzouk und Shute 2012). Maker Education basiert ebenfalls auf der Methode des projektbasierten Lernens und konzentriert sich auf das Designen, Bauen, Modifizieren und Wiederverwenden von Materialien und Objekten. Dies impliziert die Herstellung eines Produkts, mit dem interagiert oder welches demonstriert werden kann (Blikstein 2013; Martin 2015). Als aktuelle Handlungsbedarfe im Bereich der Maker Education strebt die Field Building Collaborative (FBC) unter anderem eine verbesserte Vernetzung mit lokalen Bildungseinrichtungen und eine Diversifizierung der Community an (Blikstein et al. 2021). Die Ziele einer Weiterentwicklung der Maker Education in Europa, insbesondere in Deutschland, Österreich und der Schweiz, sind auch für die FBC interessant, obwohl sie sich in ihrem Programm vorrangig auf die USA fokussiert. Mit der Integration von DF in den Schulunterricht lassen sich diese Ziele verfolgen.

PC ist ein bewährter Ansatz zur Verknüpfung von Making und Informatik, der sich vor allem auf das Zusammenspiel von Sensoren, Aktoren und Mikrocontrollern konzentriert (Fields et al. 2017; Gendreau Chakarov et al. 2019; Merrill und Swanson 2019; Sentance et al. 2017; Wagh, Gravel, und Tucker-Raymond 2017). Ziel von PC ist die Erstellung interaktiver Objekte, die durch die Programmierung von Mikrocontrollern erreicht wird. Dadurch entsteht eine starke Verknüpfung zur Informatik mit dem Fokus auf Programmierung. Der Beitrag soll zeigen, dass DF im Gegensatz dazu ein breiteres Spektrum an informatischen Kompetenzen nutzt und somit vielfältige Anknüpfungsmöglichkeiten für den Fachunterricht bietet.

In ausserschulischen Lernorten wie Maker Spaces und Fab Labs (Anton und Wilensky 2019; Katterfeldt, Dittert, und Schelhowe 2015; Ryoo, Kali, und Bevan 2016; Spieler, Grandl, und Krnjic 2020) richtet sich der Fokus vermehrt auf die Entwicklung von 21st Century Skills. Der Schwerpunkt liegt hier stärker auf Kollaboration und Kommunikation (Adler-Beléndez et al. 2020) als auf konkreten fachspezifischen Lernzielen. Diese Ansätze sollen stärker in den Unterricht integriert werden, vorausgesetzt es besteht eine inhaltliche Anknüpfungsfähigkeit in den verschiedenen

Fächern. Der vorliegende Beitrag beschreibt die Umsetzung im Bereich Informatikunterricht anhand eines generalisierten DF-Prozesses, bestehend aus den drei zentralen Schritten Konstruktion, Transformation und Interpretation im Herstellungsprozess. Diese Schritte bilden die Grundlage für die darauffolgende Analyse der Informatikkompetenzen, die in diesem Prozess benötigt werden und damit eine wichtige Voraussetzung, um Making und DF in die Lehrkräftebildung zu integrieren und den vermehrten Einsatz von DF in Schulen, vor allem im Bereich von Medien- und Informatikunterricht zu ermöglichen.

In den verschiedenen Bildungssystemen existieren Unterschiede, insbesondere im Bereich des Informatikunterrichts, die Auswirkungen auf die Integration von Making haben. Der Informatikunterricht ist in der deutschsprachigen Bildungslandschaft stark fragmentiert. In der Schweiz beispielsweise wird das Fach Medien und Informatik nach dem Lehrplan 21 («Lehrplan 21 – Medien und Informatik» 2016) unterrichtet. In Deutschland richten sich die Lehrpläne für das Fach Informatik nach den Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) (Gesellschaft für Informatik e. V. 2008; Gesellschaft für Informatik e. V. 2016; Best et al. 2019). Des Weiteren bieten die zahlreichen Möglichkeiten, die DF dem Informatikunterricht bietet, eine Chance, dieser Fragmentierung zu begegnen.

3. Bezug zur Informatikdidaktik

DF als Lerninhalt in den Informatikunterricht zu integrieren, ist ein möglicher Schritt um Making als festen Bestandteil der schulischen Bildung zu etablieren. Dies erfordert, einen vergleichenden Blick auf Anforderungen und Kompetenzen des Informatikunterrichts zu werfen. Ein wesentlicher Begriff der Informatikdidaktik ist beispielsweise Computational Thinking (CT). CT ist nicht nur in den Vereinigten Staaten ein häufig vorkommender und gleichzeitig viel diskutierter Ansatz zur Definition von digitaler Problemlösekompetenz (Feldhausen, Weese, und Bean 2018; Rich und Langton 2016). Gleichzeitig konzentriert sich die Forschung in der Informatikdidaktik auf die grossen Ideen oder grossen Prinzipien der Informatik. Weese und Feldhausen (2017) erstellten eine Liste von CT-Konzepten, die algorithmisches Denken, Abstraktion, Problemzerlegung, Daten, Parallelisierung, Kontrollfluss, Inkrementation und Iteration sowie Testing und Debugging umfasst. Basierend auf den sechs *Principles of Computing* von (Denning 2011) entwickelten (Bell, Tymann, und Yehudai 2018) die zehn *Big Ideas of Computer Science*:

1. Information wird in digitaler Form repräsentiert
2. Algorithmen interagieren mit Daten, um Probleme zu lösen
3. Die Performanz von Algorithmen kann modelliert und evaluiert werden
4. Manche Probleme können nicht von Algorithmen gelöst werden

5. Programme drücken Algorithmen und Daten in einer Form aus, die in einem Computer implementiert werden kann
6. Digitale Systeme werden von Menschen entwickelt, um menschliche Bedürfnisse zu erfüllen
7. Digitale Systeme erstellen virtuelle Repräsentationen von natürlichen und künstlichen Phänomenen
8. Daten und Systemressourcen zu schützen ist eine zentrale Aufgabe in digitalen Systemen
9. Zeitabhängige Operationen in digitalen Systemen müssten koordiniert werden
10. Digitale Systeme kommunizieren miteinander über Protokolle.

Um diese Ideen zu entwickeln, wurden Schwills fundamentale Ideen der Informatik (Schwill 1997) berücksichtigt. Darin beschreibt Andreas Schwill eine pädagogische Theorie, die auf Bruners Vorarbeiten in der Mathematikdidaktik aufbaut und die informatische Bildung für Schüler:innen und Lehrkräfte auf ein stabiles Fundament setzen soll. Hierzu wird die Dauerhaftigkeit der fundamentalen Ideen betont. Diese vorangegangenen Arbeiten bilden die Grundlage für die Entwicklung von Informatiklehrplänen auf internationaler Ebene. Im Jahr 2017 veröffentlichte die CS Teachers Association (CSTA) curriculare K-12 Standards (Computer Science Teachers Association 2017). Das im Jahr 2013 gegründete Committee on European Computing Education (CECE) hat das Ziel, die informatische Bildung in Europa einheitlich zu gestalten (The Committee on European Computing Education (CECE) 2017; Informatics for All coalition 2020; Caspersen et al. 2018). Derzeit gibt es jedoch noch kein europäisches Curriculum zur Umsetzung des Ziels.

Die Gesellschaft für Informatik hat in Deutschland Empfehlungen zu Prinzipien und Standards für die Informatische Bildung veröffentlicht (Gesellschaft für Informatik e. V. 2008; Gesellschaft für Informatik e. V. 2016; Best et al. 2019), mit dem Ziel, eine umfassende und technisch fundierte informatische Bildung in Schulen zu fördern. Diese Arbeiten basieren stark auf den fundamentalen Ideen der Informatik von Schwill (1997). Alle Varianten dieser Prinzipien und Standards folgen einem einheitlichen Aufbau, welcher fünf Kompetenzbereiche definiert (Tabelle 1).

Der gemeinsame theoretische Hintergrund der genannten Kompetenzrahmen für den Informatikunterricht ermöglicht, die Ergebnisse der Analyse von DF auf andere Modelle zu übertragen, indem die deutschen Bildungsstandards als Referenz herangezogen werden.

Soll Maker Education mit dem Informatikunterricht verknüpft werden, so treffen offene und erfahrungsgeleitete Lernprozesse auf ein Curriculum mit klaren Lernzielen und zeitlichen Vorgaben. Kritiker könnten argumentieren, dass Maker Education nicht geeignet ist, um ein bereits definiertes Lernziel innerhalb eines festen Zeitraums zu erreichen, da Umwege, eigenes Experimentieren und Iterieren durch

die Lernenden nicht vorhersehbar sind, aber wichtige Bestandteile der Maker Education darstellen. Eine rein fakultative, ausserschulische Verlagerung kann jedoch nicht alle Schüler:innen erreichen, und widerspricht damit den Zielen der FBC (Diversifikation), möglichst vielen Kindern und Jugendlichen eine Berührung mit Making zu ermöglichen. Eine Möglichkeit hierfür besteht in der Integration von DF in den Schulunterricht.

Inhaltsbereich	Beispielhafte Kompetenzen
Information und Daten	Schüler:innen aller Jahrgangsstufen <ul style="list-style-type: none"> • verstehen den Zusammenhang von Information und Daten sowie verschiedene Darstellungsformen für Daten, • verstehen Operationen auf Daten und interpretieren diese in Bezug auf die dargestellte Information, • führen Operationen auf Daten sachgerecht durch.
Informatiksysteme	Schüler:innen aller Jahrgangsstufen <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Grundlagen des Aufbaus von Informatiksystemen und deren Funktionsweise, • wenden Informatiksysteme zielgerichtet an, • erschliessen sich weitere Informatiksysteme.
Algorithmen	Schüler:innen aller Jahrgangsstufen <ul style="list-style-type: none"> • kennen Algorithmen zum Lösen von Aufgaben und Problemen aus verschiedenen Anwendungsgebieten und lesen und interpretieren gegebene Algorithmen, • entwerfen und realisieren Algorithmen mit den algorithmischen Grundbausteinen und stellen diese geeignet dar.
Sprache und Automaten	Schüler:innen aller Jahrgangsstufen <ul style="list-style-type: none"> • nutzen formale Sprachen zur Interaktion mit Informatiksystemen und zum Problemlösen, • analysieren und modellieren Automaten.
Informatik, Mensch und Gesellschaft	Schüler:innen aller Jahrgangsstufen <ul style="list-style-type: none"> • benennen Wechselwirkungen zwischen Informatiksystemen und ihrer gesellschaftlichen Einbettung, • nehmen Entscheidungsfreiheiten im Umgang mit Informatiksystemen wahr und handeln in Übereinstimmung mit gesellschaftlichen Normen, • reagieren angemessen auf Risiken bei der Nutzung von Informatiksystemen.

Tab. 1: Inhaltsbereiche und deren Kurzbeschreibung aus (Gesellschaft für Informatik e. V. 2008).

4. Der generalisierte Prozess der Digital Fabrication

Der Prozess der DF verfolgt das Ziel, mit der Hilfe von Software und computergesteuerten Werkzeugen ein physisches Produkt herzustellen (Torgersson 2014). Der DF-Prozess ist geeignet für CNC-Systeme (computerized numerical control) wie

beispielsweise 3D-Drucker, Laser-Cutter und Fräsen. In diesem Prozess (s. Abbildung 1) können vier Zustände identifiziert werden, die durch drei Schritte miteinander verbunden sind (Baberowski, Leonhardt, und Bergner 2023). Die Zustände des Prozesses bestehen aus wohldefinierten Anforderungen (Idee und Produkt), standardisierten Formaten (Modell) und Schnittstellen (Anweisungen). Somit ist jeder Schritt unabhängig von den anderen und erlaubt eine jeweils eigene Wahl von Werkzeugen und Methoden. Diese Darstellung des Prozesses veranschaulicht die Struktur aus einer informatischen Perspektive und spiegelt nicht den tatsächlichen Arbeitsablauf wider, da dieser nicht linear verläuft und stattdessen Iterieren, Ausprobieren und Reflektieren kontinuierlich im Kontext Making und DF zum Einsatz kommt.

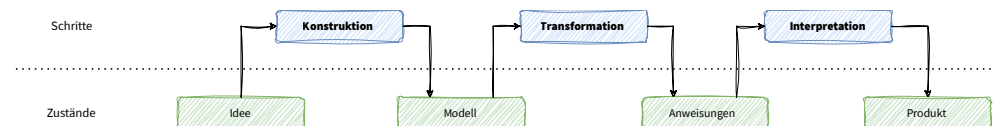


Abb. 1: Schritte und Zustände des DF-Prozess aus der Perspektive der Informatik, von DDI – TU Dresden unter CC BY 4.0-Lizenz.

Am Beginn des DF-Prozesses steht die Idee eines zu erstellenden Produkts. Diese muss noch nicht sämtliche finalen Details des Endproduktes beinhalten, sollte jedoch die wichtigsten Anforderungen definieren, bevor mit der Konstruktion begonnen wird. Diese Anforderungen können Aspekte wie Material, Geometrie, spezifische Masse oder das Aussehen des finalen Produkts betreffen.

Schritt 1 – Konstruktion: In diesem Schritt wird mithilfe von CAD-Software (computer aided design) eine digitale Modellierung eines Produkts in 2D oder 3D erstellt. Die spezifischen Operationen variieren je nach verwendetem Konstruktionswerkzeug, nutzen jedoch häufig die Manipulation und Kombination von Primitiven (Kreise, Würfel, Zylinder, usw.), um komplexe Formen und Körper zu erstellen. Während der Konstruktion wird eine ideale digitale Repräsentation des Produkts erzeugt. Das bedeutet, dass theoretisch sehr detaillierte und genaue Modelle möglich sind. Die Modelle werden in einem geeigneten Austauschformat (z. B. STL für 3D-Modelle, SVG für 2D-Modelle) exportiert.

Schritt 2 – Transformation: Ein digitales Modell enthält nicht alle notwendigen Informationen zur Herstellung des Produkts. 3D-Modelle im STL-Format sind hohle Körper, da sie nur die Geometrie der Oberfläche speichern. SVG-Dateien spezifizieren nicht, welche Teile der Grafik mit einem Laser geschnitten oder graviert werden sollen. Auch beschreibt keines der Dateiformate, aus welchem Material das Produkt hergestellt werden soll. Tatsächlich ist dies eine grosse Stärke des DF-Prozesses, da das Modell damit vollständig unabhängig von Faktoren wie dem verwendeten Material, der Maschine und in begrenztem Masse auch von der Fertigungsmethode ist. Der Schritt der Transformation hat das Ziel, Fertigungsanweisungen für ein Modell zu

finden, die bei Ausführung zur Herstellung eines Produkts führen. Diese Anweisungen werden meist in Form von G-Code formuliert, einem standardisierten Format für CNC-Systeme. Diese Anweisungen können beispielsweise das Aktivieren eines Werkzeugs – z. B. eines Lasers oder der Heizung eines 3D-Druckers – oder die Bewegung des Werkzeuges zu einer bestimmten Koordinate sein. Die Erstellung dieser Fertigungsanweisungen erfordert tiefgreifendes Wissen über die Eigenheiten des Fertigungsprozesses und der verwendeten Materialien. Diese haben einen grossen Einfluss auf die Qualität des Endprodukts. Viele Fertigungsmethoden nutzen spezielle Software wie beispielsweise Slicer-Programme für 3D-Drucker. Diese automatisieren die Transformation des Modells in Fertigungsanweisungen, können jedoch auch durch zahlreiche Parameter beeinflusst werden.

Schritt 3 – Interpretation: Die Fertigung des Produkts kann nun anhand der Fertigungsanweisungen beginnen. Abhängig vom verwendeten CNC-System werden die Anweisungen entweder als Datei übertragen oder schrittweise seriell von einem Computer an das CNC-System weitergegeben. Anschliessend muss das CNC-System die Anweisungen einlesen und entsprechend interpretieren. Da es diverse Bauarten und Motor-Konfigurationen von CNC-Systemen gibt, muss jedes System die Kontrollsignale für die Motoren gemäss der Fertigungsanweisung und dem aktuellen Zustand des Systems ermitteln. Ein weiterer relevanter Aspekt für die Informatik ist die Diskretisierung von Bewegungen durch das CNC-System. Somit werden Rundungen und Kreise durch eine Vielzahl an Liniensegmenten approximiert. Dieses Verfahren wird häufig in verschiedenen Bereichen der Informatik angewendet und kann zum Beispiel ähnlich wie die Codierung von Bildern als Pixelgrafiken betrachtet werden.

5. Informatik Kompetenzen in Digital Fabrication

Jeder Schritt des generalisierten DF-Prozesses bietet Möglichkeiten für Bezüge zu Informatikkompetenzen. Im Weiteren wird dies anhand der Grundlagen und Standards für den Informatikunterricht der GI (Best et al. 2019; Gesellschaft für Informatik e. V. 2008; Gesellschaft für Informatik e. V. 2016) und ihrer Kompetenzbereiche erläutert. Diese Standards dienen als Grundlage für zukünftige Informatik-Lehrpläne in Deutschland und eignen sich daher auch für eine Argumentation zur Integration von DF in den Informatikunterricht. Gleichzeitig lassen sich die Überlegungen auch auf den Lehrplan 21 übertragen, da dessen Kompetenzbereiche *Algorithmen*, *Datenstrukturen* und *Informatiksysteme* starke Ähnlichkeiten zu den Kompetenzbereichen *Algorithmen*, *Information und Daten* sowie *Informatiksysteme* der Bildungsstandards der GI aufweisen («Lehrplan 21 – Medien und Informatik» 2016).

Da jedes CNC-System zugleich ein *Informatiksystem* darstellt, eignet sich DF als Lerninhalt in diesem Kompetenzbereich. Die Komponenten eines CNC-Systems lassen sich als Software- und Hardware-, Eingabe-, Verarbeitungs- und

Ausgabekomponenten klassifizieren. Da die Firmware vieler CNC-Systeme als Open Source Code verfügbar ist, kann diese manipuliert und auf diversen Mikrocontrollern installiert werden. Durch dieses Vorgehen kann die Blackbox der Verarbeitung in der Firmware aufgelöst werden. Die Verbindung zum PC bietet sich durch die Programmierung von Mikrocontrollern zur Ansteuerung von Sensoren und Aktoren an. Der Kompetenzbereich Informatiksysteme beinhaltet auch Aspekte der Modularisierung, sowohl in Bezug auf Hard- als auch auf Software. Während der Konstruktion kommen entsprechende Kompetenzen zum Einsatz, welche auf der Modularisierung von komplexen Körpern in Teilkörper und Primitive aufbauen (Abbildung 2). Dieser Ansatz kann weiterhin mit der fundamentalen Idee der Strukturierten Zerlegung (Schwill 1997) verknüpft werden.

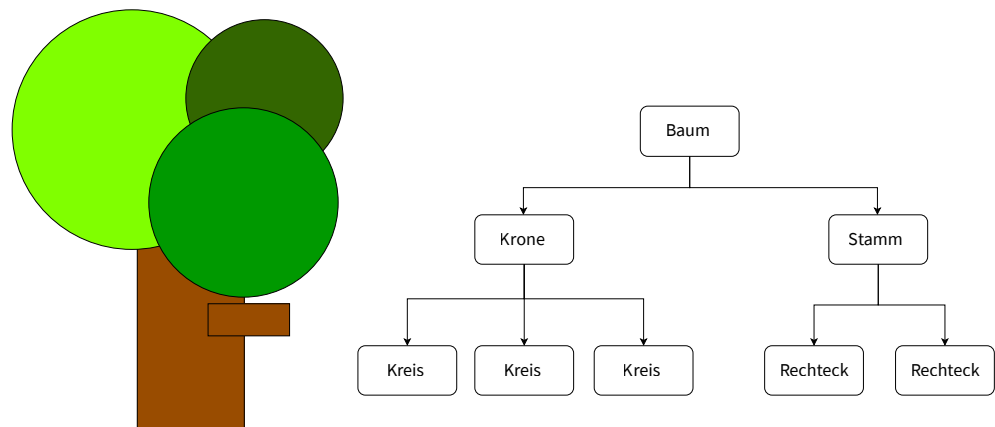


Abb. 2: Zerlegung eines 2D-Modells in Primitive (Rechteck und Kreis) anhand eines Baumdiagramms, von DDI – TU Dresden unter CC BY 4.0-Lizenz.

In jedem Schritt der DF können *Algorithmen* thematisiert werden. Während der Konstruktion müssen Attribute von Objekten genutzt werden, um parametrisierbare Modelle und sich wiederholende Teilmodelle mit Schleifen zu erstellen. Die Verbindung zu Algorithmen ist offensichtlich, wenn ein programmierender Ansatz zur Konstruktion, z. B. über die Auszeichnungssprache OpenSCAD,¹ zum Einsatz kommt. Während der Transformation kann das manuelle Erstellen von einfachen Programmen als G-Code genutzt werden, um die Verknüpfung zum Kompetenzbereich weiter zu vertiefen. Während der Interpretation des G-Codes durch das CNC-System kommen ebenso Algorithmen in Form der Firmware zum Einsatz, um die Steuersignale zu berechnen, die für die erfolgreiche Herstellung eines Produkts benötigt werden. Einfache Demonstratoren, bestehend aus Mikrocontrollern, Motoren und Sensoren, können von Schüler:innen verwendet werden, um eine beispielhafte Implementierung dieser Algorithmen nachzuvollziehen.

1 <https://openscad.org>.

Der Kompetenzbereich *Information und Daten* ist von besonderer Relevanz während der Konstruktion und Transformation. Die Codierung von Information in Binärdaten kann anhand digitaler Modelle und Fertigungsanweisungen veranschaulicht werden. Eine genaue Betrachtung des Aufbaus von STL- und SVG-Dateien sowie G-Code kann dazu beitragen, ein Verständnis für die Notwendigkeit des Transformationsschritts aufzubauen.

Diese Anweisungen können verwendet werden, um Aspekte von *Sprachen und Automaten* zu vermitteln. Während der Ausführung wird der G-Code eingelesen, was in der Regel mit regulären Ausdrücken umgesetzt wird, die sich in diesem Kompetenzbereich wiederfinden. Da die Bewegungen während der Ausführung von statischen Anweisungen und dem vorherigen Zustand des CNC-Systems abhängen, kann das System als Automat betrachtet und diskutiert werden.

Der Kompetenzbereich *Informatik, Mensch und Gesellschaft* bietet die Möglichkeit, das Thema Nachhaltigkeit in den Informatikunterricht zu integrieren. Während Kunststoff beim 3D-Druck aufgrund seiner mangelnden Nachhaltigkeit ein schlechtes Image hat, kann sich die Fähigkeit zur Reparatur und die dadurch entstehende Vermeidung unnötiger Ersetzungen, positiv auf die Umwelt im Alltag von Schüler:innen auswirken. Die Open-Source- und Open-Hardware-Community haben einen bedeutenden Beitrag zur Zugänglichkeit des 3D-Drucks und des Laser-Cuttings geleistet. Das Beispiel bietet Anlass, den Einfluss freier Software zu diskutieren. Ein weiterer Aspekt von DF ist die Demokratisierung der Produktionsmöglichkeiten, die es Individuen ermöglicht, zum Beispiel die Abhängigkeit vom Angebot an Ersatzteilen eines Herstellers zu verringern.

6. Eine Implementierung in der Lehramtsausbildung

Bisher fehlen praktische Umsetzungen der beschriebenen Potenziale im Informatikunterricht. Eine Ursache hierfür könnte in den hohen Anforderungen der DF-Verfahren an anwendungsspezifische Kompetenzen der Lehrkräfte liegen. Eine erfolgreiche Verknüpfung von Informatikunterricht und DF erfordert eine tiefere Einarbeitung der Lehrkräfte in den Themenbereich, damit sie Informatikbezüge in der Anwendung von 3D-Druckern und Laser-Cuttern identifizieren können. Aus diesem Grund wurde ein Seminarkonzept für Lehramtsstudierende des Fachs Informatik entwickelt und pilotiert. Das Konzept soll fachliche, anwendungsbezogene und didaktische Kompetenzen im Bereich des DF fördern und praktische Unterrichtserfahrungen ermöglichen (Baberowski, Leonhardt, und Bergner 2023). Die Veranstaltung ist für Studierende im sechsten Semester konzipiert und setzt solide fachliche Grundkenntnisse voraus. Die Teilnehmenden haben in der Regel bereits erste

eigene Unterrichtserfahrungen gesammelt, jedoch noch keine Gelegenheit gehabt, sich eine Routine in der Planung und Durchführung von Unterricht anzueignen. Das Konzept ist dreiphasig aufgebaut und wird im Folgenden kurz erläutert.

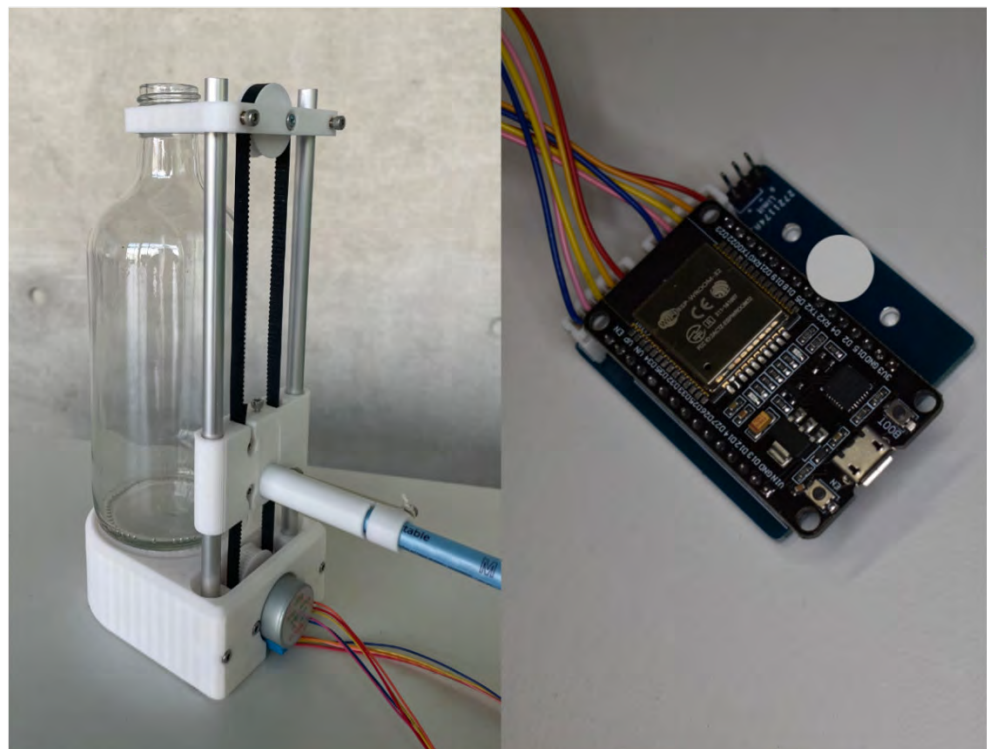


Abb. 3: Demonstrationsgerät zur Programmierung eines einfachen CNC-Systems. Die Motoren können die Flasche drehen und den Stift auf und ab bewegen und somit Formen auf die Flasche zeichnen, von DDI – TU Dresden unter CC BY 4.0-Lizenz.

6.1 Fachliche Einarbeitung

In der ersten Phase sollen die Teilnehmenden selbstständig den Umgang mit 3D-Druckern und Laser-Cuttern erlernen. Dies stellt eine relevante Voraussetzung für die erfolgreiche Integration dieser Werkzeuge in den Unterricht dar. Es schafft die Voraussetzung, auf etwaige Fragen und Probleme spontan einzugehen. Dabei wird sich zunächst an den Schritten des DF-Prozesses (Konstruktion, Transformation, Interpretation) orientiert.

Zunächst wird jeder Schritt in einer separaten Seminareinheit aus der Anwendungsperspektive durchlaufen. Nachdem verschiedene Softwarealternativen für die Konstruktion von 2D- und 3D-Modellen ausprobiert wurden, wird näher darauf eingegangen, welche Bezüge zur Informatik bestehen. So kann jeder Schritt der DF

gemeinsam inhaltlich analysiert werden. Die fachliche Einarbeitung wird durch das eigenständige Herstellen eines eigenen Produkts mithilfe eines 3D-Druckers oder Laser-Cutters abgeschlossen. Dabei sollen alle Teilnehmenden aktiv tätig sein.

6.2 Didaktische Aspekte

In der zweiten Phase des Seminars planen die Teilnehmenden in Kleingruppen einen Informatikworkshop im Themenkomplex DF. Dabei wird in jeder Seminareinheit ein anderer Aspekt des Planungsprozesses thematisiert. Diese Aspekte umfassen zum Beispiel die Betrachtung von Lernzielen, Binnendifferenzierung, Motivation sowie Fehlvorstellungen. Ausgehend von einem kurzen theoretischen Einstieg wird kontinuierlich an den Workshopkonzepten gearbeitet. Bei der Wahl des Themas haben die Gruppen vollständige Freiheit und sind dazu motiviert, ihre eigenen Ideen einzubringen. In dieser Phase ist es ein grundlegendes Prinzip, dass sich die Gruppen untereinander kontinuierliches Feedback geben.

6.3 Praktische Erprobung

Am Ende des Semesters finden Workshops mit Schüler:innen im Lehr-Lernlabor EduInf² der TU Dresden statt. Dort stehen 3D-Drucker, Laser-Cutter, Laptops und Tablets zur Verfügung. Die Studierenden können den Raum nach ihren Vorstellungen vorbereiten und somit die Rahmenbedingungen optimal auf den jeweiligen Workshop abstimmen. Während der Erprobung werden die Workshops aus verschiedenen Perspektiven mit mehreren Kameras aufgezeichnet. Diese Aufnahmen werden im Anschluss gemeinsam mit den Studierenden zur Reflexion genutzt.

6.4 Learnings

Im Rahmen der Seminarpilottierung wurden erste Beobachtungen bezüglich der Ziele gemacht. Es wurde erkannt, dass es für die fachliche Einarbeitung der Studierenden wichtig ist, ihnen freien Zugang zu den Geräten für eigene Projekte zu ermöglichen. Aus diesem Anlass wurde ein offener Werkstatt-Tag eingerichtet, der einem Maker Space ähnelt. Dies hat den Teilnehmenden die Möglichkeit gegeben, wichtige praktische Erfahrungen zu sammeln, die später im Workshop bei der Problemlösung sehr wertvoll waren.

Das grösste Potenzial für weitere Untersuchungen liegt vermutlich in der zweiten und dritten Phase des Seminars. Konkrete Unterrichtsszenarien zur Integration von DF in den Informatikunterricht existieren bisher kaum. Durch die Erarbeitung von Materialien und anschließende Erprobung können wichtige Erfahrungen

2 <http://tu-dresden.de/inf/eduinf>.

gesammelt werden. Die weitere Forschung sollte sich systematisch mit dem Erarbeiten von Empfehlungen für Materialien und den Einsatz von DF im Informatikunterricht befassen.

In den durchgeführten Workshops lag der Fokus auf informatischen Lernzielen, die durch Partner- oder Projektarbeiten vermittelt wurden. Allen Gruppen gelang es, grundlegende Verbindungen zwischen DF und Informatikdidaktik herzustellen. Somit ist es im Rahmen des Seminarkonzepts möglich, (angehende) Lehrkräfte gezielt auf den Einsatz von DF im Informatikunterricht vorzubereiten.

7. Fazit

Mit DF können zusätzlich zu den Kompetenzen des Herstellens und der Analyse digitaler Medien auch Kompetenzen im Bereich des Makings und der Fertigung physischer Produkte mittels computergesteuerter Werkzeuge vermittelt werden.

In diesem Beitrag wurde ein Ansatz zur Vermittlung von fachspezifischen Medien- und Informatikkompetenzen im Hinblick auf einen allgemeinen DF-Prozess vorgestellt. Dieser Prozess ist unabhängig von den Modellierungsmethoden, Werkzeugen und verwendeten Geräten. Infolgedessen können verschiedene Informatikkompetenzen auf den DF-Prozess abgebildet werden. Daher ist eine Integration des DF-Prozesses als Teil des Informatikunterrichts möglich. Hierfür wurde der DF-Prozess anhand der deutschen Bildungsstandards für den Informatikunterricht analysiert, um eine direkte Integration in den Informatikunterricht und in die Lehrkräfteausbildung zu ermöglichen. Eine entsprechende Integration in europäische oder amerikanische Curricula ist ebenso möglich, da die theoretischen Grundlagen identisch sind, wie gezeigt wurde.

Die beschriebenen fachlichen Zusammenhänge sind erforderlich, um die Integration von DF und Making in den lehrplanorientierten Schulunterricht abseits von außerschulischen Lernorten wie Fab Labs und Maker Spaces zu ermöglichen. Dafür sind nicht nur inhaltliche Verknüpfungen, sondern auch methodische und pädagogische Perspektiven von entscheidender Bedeutung. Deshalb wurde ein Konzept erarbeitet und erprobt, das ermöglicht, Lehrkräfte auf den Einsatz von DF im Informatikunterricht vorzubereiten. Die Pilotphase zeigte sowohl Potenziale als auch offene Fragestellungen in Bezug auf die Lehrkräftefortbildung. Es bedarf weiterer Forschung, um praktische Lehr-Lern-Szenarien für einen schülerzentrierten, projektorientierten Informatikunterricht zu entwickeln.

Literatur

- Adler-Beléndez, Dhyana, Eduardo Hoppenstedt, Mishaal Husain, Edwin Chng, und Bertrand Schneider. 2020. «How Are 21st Century Skills Captured in Makerspaces? A Review of the Literature». In *Proceedings of the FabLearn 2020 – 9th Annual Conference on Maker Education*, 40–45. FabLearn '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3386201.3386214>.
- Anton, Gabriella, und Uri Wilensky. 2019. «One Size Fits All: Designing for Socialization in Physical Computing». In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 825–31. SIGCSE '19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287423>.
- Baberowski, David, Thiemo Leonhardt, und Nadine Bergner. 2023. «Digital Fabrication im Informatikunterricht – Entwicklung eines Seminars für Lehramtsstudierende». <https://doi.org/10.18420/INFOS2023-027>.
- Bell, Tim, Paul Tymann, und Amiram Yehudai. 2018. «The Big Ideas in Computer Science for K-12 Curricula». *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science February 2018* (124). <http://smtp.eatcs.org/index.php/beatcs/article/viewFile/521/>.
- Best, Alexander, Christiane Borowski, Katrin Büttner, Rita Freudenberg, Martin Fricke, Kathrin Haselmeier, Henry Herper, et al. 2019. «Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich». Bonn. <https://t1p.de/guiq>.
- Blikstein, Paulo. 2013. «Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention». In *FabLab*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching, 203–22. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839423820.203>.
- Blikstein, Paulo, Dorothy Jones-Davis, Sonya Pryor-Jones, Stephanie Santoso, Kyle Cornforth, Josh Weisgrau, und Sherry Lassiter. 2021. «Transforming Public Education with Making and Digital Fabrication». *Field Building Collaborative*. <https://buildfabmake.org/wp-content/uploads/2022/01/TransformingEducationWithMaking-2021.pdf>.
- Caspersen, Michael E., Judith Gal-Ezer, Andrew McGettrick, und Enrico Nardelli. 2018. «Informatics for All The strategy». *ACM*. <https://doi.org/10.1145/3185594>.
- Computer Science Teachers Association. 2017. «CSTA K-12 Computer Science Standards». 2017. <http://www.csteachers.org/standards>.
- Denning, Peter J. 2011. «The Great Principles of Computing». In *The Best Writing on Mathematics 2011*, herausgegeben von Mircea Pitici, 82–92. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400839544.82>.
- Feldhausen, Russell, Joshua Levi Weese, und Nathan H. Bean. 2018. «Increasing Student Self-Efficacy in Computational Thinking via STEM Outreach Programs». In *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 302–7. SIGCSE '18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3159450.3159593>.

- Fields, Deborah A., Yasmin B. Kafai, Tomoko Nakajima, und Joanna Goode. 2017. «Teaching Practices for Making E-Textiles in High School Computing Classrooms». In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Creativity and Fabrication in Education*, 1–8. FabLearn '17. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3141798.3141804>.
- Gendreau Chakarov, Alexandra, Mimi Recker, Jennifer Jacobs, Katie Van Horne, und Tamara Sumner. 2019. «Designing a Middle School Science Curriculum that Integrates Computational Thinking and Sensor Technology». In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 818–24. SIGCSE '19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287476>.
- Gesellschaft für Informatik e. V. 2008. «Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I». *Beilage zu: LOG IN*, 28(150/151). https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/2345/52-GI-Empfehlung-Bildungsstandards_2008.pdf.
- Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg. 2016. *Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II, Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. Arbeitskreis «Bildungsstandards SII»*. LOG IN.
- Informatics for All coalition. 2020. «Educating People for the Digital Age». <https://www.informaticsforall.org/wp-content/uploads/2020/07/Informatics-for-All-position-paper.pdf>.
- Katterfeldt, Eva-Sophie, Nadine Dittert, und Heidi Schelhowe. 2015. «Designing Digital Fabrication Learning Environments for Bildung: Implications from Ten Years of Physical Computing Workshops». *International Journal of Child-Computer Interaction* 5 (September): 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.08.001>.
- «Lehrplan 21 – Medien und Informatik». 2016. http://v-ef.lehrplan.ch/container/V_EF_Modul_MI.pdf.
- Martin, Lee. 2015. «The Promise of the Maker Movement for Education». *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)* 5 (1): 30–39. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>.
- Merrill, Devon J., und Steven Swanson. 2019. «Reducing Instructor Workload in an Introductory Robotics Course via Computational Design». In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 592–98. SIGCSE '19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287506>.
- Razzouk, Rim, und Valerie Shute. 2012. «What Is Design Thinking and Why Is It Important?» *Review of Educational Research* 82 (3): 330–48. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>.
- Rich, Peter J., und Matthew B. Langton. 2016. «Computational Thinking: Toward a Unifying Definition». In *Competencies in Teaching, Learning and Educational Leadership in the Digital Age*, herausgegeben von J. Michael Spector, Dirk Ifenthaler, Demetrios G. Sampson, und Pedro Isaias, 229–42. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30295-9_14.

- Ryoo, Jean J., Lianna Kali, und Bronwyn Bevan. 2016. «Equity-Oriented Pedagogical Strategies and Student Learning in After School Making». In *Proceedings of the 6th Annual Conference on Creativity and Fabrication in Education*, 49–57. FabLearn '16. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3003397.3003404>.
- Schwill, Andreas. 1997. «Computer Science Education Based on Fundamental Ideas». In *Information Technology*, herausgegeben von Don Passey und Brian Samways, 285–91. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35081-3_36.
- Sentance, Sue, Jane Waite, Steve Hodges, Emily MacLeod, und Lucy Yeomans. 2017. «Creating Cool Stuff: Pupils' Experience of the BBC micro:bit». In *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, 531–36. SIGCSE '17. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017749>.
- Spieler, Bernadette, Maria Grandl, und Vesna Krnjic. 2020. «The hAPPY-Lab: 13th International Conference on Informatics in School: Situation, Evaluation and Perspectives, ISSEP 2020». *CEUR Workshop Proceedings 2755* (Januar): 64–75. <https://ceur-ws.org/Vol-2755/paper6.pdf>.
- Süss, Daniel, Claudia Lampert, und Christine W. Trültzsch-Wijnen. 2018. «Medienpädagogische Ansätze: Grundhaltungen und ihre Konsequenzen». In *Medienpädagogik: Ein Studienbuch zur Einführung*, 83–107. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19824-4_4.
- The Committee on European Computing Education (CECE). 2017. «Informatics Education in Europe: Are We All In The Same Boat?» *Technical Report*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3106077>.
- Torgersson, Olof. 2014. «On Learning Outcomes for Participatory Design in Digital Fabrication». <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4280.3686>.
- Veldhuis, Annemiek, Bernice d'Anjou, Tilde Bekker, Ioanna Garefi, Panagiota Digkoglou, Georgia Safouri, Silvia Remotti, Emer Beamer Cronin, und Madalina Bouros. 2021. «The Connected Qualities of Design Thinking and Maker Education practices in Early Education: A narrative review». In *FabLearn Europe / MakeEd 2021 – An International Conference on Computing, Design and Making in Education*, 1–10. FabLearn Europe / MakeEd 2021. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3466725.3466729>.
- Wagh, Aditi, Brian Gravel, und Eli Tucker-Raymond. 2017. «The Role of Computational Thinking Practices in Making: How Beginning Youth Makers Encounter & Appropriate CT Practices in Making». In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Creativity and Fabrication in Education*, 1–8. FabLearn '17. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3141798.3141808>.
- Weese, Joshua, und Russell Feldhausen. 2017. «STEM Outreach: Assessing Computational Thinking and Problem Solving». In *2017 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*, 28845. Columbus, Ohio: ASEE Conferences. <https://doi.org/10.18260/1-2--28845>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

«Making im Unterricht»

Erfahrungen von Lehrpersonen aus dem Design-Based-Research-Projekt

Bernadette Spieler¹ , Tobias M. Schifferle¹  und Manuela Dahinden² 

¹ Pädagogische Hochschule Zürich

² ETH Zürich

Zusammenfassung

Making bietet Schüler:innen die Möglichkeit, praktische Fähigkeiten in einem selbstgesteuerten Lernumfeld zu entwickeln. Für Lehrpersonen kann die Maker-Education ein innovativer Ansatz sein, um das Interesse am Lernen durch kreatives Design oder digitale Projekte zu wecken. Im Rahmen des zweijährigen DIZH-Projekts «Making im Unterricht» entwickelt die Pädagogische Hochschule Zürich (PH Zürich) unterschiedliche Szenarien für Making-Weiterbildungen für die 5. bis 9. Schulstufe. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von drei dieser Weiterbildungen mit insgesamt 13 Lehrpersonen präsentiert sowie ihre Erfahrungen, die sie anschliessend mit ca. 60 Klassen (rund 600 Schüler:innen) sammeln konnten. Im Sinne des Design-Based-Research-Ansatzes wurden verschiedene Methoden wie Interviews und Fokusgruppengespräche mit den beteiligten Lehrpersonen durchgeführt sowie Unterrichtspläne und abschliessende Statements gesammelt. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf verschiedene Details in der Planung der Unterrichtsdurchführungen gelegt, z. B. der Fokus auf bestimmte Kompetenzen, Lerninhalte oder die Struktur der Einheit. Erste Erkenntnisse zeigen, dass Lehrpersonen gut neue Ideen mit ihren Klassen umsetzen konnten, aber insbesondere in den Vertiefungskursen zusätzliche Unterstützung benötigten. Vor allem im Hinblick auf das Wissen über spezifische Werkzeuge (z. B. Lasercutter, Stickmaschine) oder Anwendungen (z. B. Programmierung, Vektorisierung, App Embroidery Designer) wurden zusätzliche Unterstützungsangebote der PH Zürich in Anspruch genommen.

«Making at School». Teachers' Experiences from the Design-Based Research Project

Abstract

Making offers students the opportunity to develop hands-on skills in a self-directed learning environment. For teachers, Making can show an innovative approach to stimulate interest through creative design or digital projects. As a part of the two-year

DIZH project «Making at School», the Zurich University of Teacher Education (PH Zürich) is developing different scenarios for Making for 5th to 9th grade. This paper presents the results of three of these trainings with a total of 13 teachers as well as their experiences with about 60 classes (ca. 600 pupils). In line with the design-based research approach, different methods such as interviews and focus group discussions were conducted with the teachers involved, and lesson plans and final statements were collected. Special attention was paid to various details in planning the lesson, such as focusing on specific competences, learning content, or the structure of the unit. First results show that teachers were able to implement new ideas with their classes but needed additional support especially in the in-depth courses. Additional support was needed in terms of knowledge about specific tools (e.g., laser cutter, stitching machine) or applications (e.g., programming, vectorising, Embroidery Designer App).

1. Einleitung

In unserer digitalisierten Welt wird es zunehmend wichtiger, junge Menschen nicht nur zu passiven Konsumierenden digitaler Medien zu erziehen, sondern ihnen die Fähigkeiten und Werkzeuge an die Hand zu geben, aktive Gestaltende zu werden (Caena und Redecker 2019). Hier kommt *Making* ins Spiel, ein pädagogischer Ansatz, der handlungsorientiertes Lernen in den Mittelpunkt stellt und so eine Brücke zwischen digitalen und analogen Lerninhalten schlägt (Maurer und Ingold 2019; Schön und Ebner 2020; Schad und Jones 2020). In diesem Kontext wird die Fähigkeit, technologische Werkzeuge kreativ und selbstbestimmt zu nutzen, zum Schlüssel für zukünftige Bildungs- und Berufschancen (Schön, Ebner, und Narr 2020; Becker und Jacobsen 2020). Dabei wird ein aktives und handlungsorientiertes Lernen im analogen wie im digitalen Bereich lustvoll und nachhaltig gefördert und die beiden Bereiche werden sinnstiftend miteinander verbunden.

In der Informatikdidaktik stehen vor allem prozessorientiertes Beurteilen und eine angstfreie Fehlerkultur mit offenen Aufgabenstellungen für kreatives Problemlösen im Sinne des informatischen Denkens oder des Design-Based-Thinkings im Vordergrund (Schön, Ebner, und Kumar 2014). Making kann dabei in öffentlich zugänglichen Kreativräumen an festen Standorten stattfinden (vgl. PH Thurgau: Maurer und Ingold 2019), in temporären «Pop-up»-Makerspaces wie während der «maker days for kids» in Österreich und Deutschland (makerdaysforkids.eu, vgl. Spieler et al. 2020c; Grandl et al. 2024) oder als mobile Variante wie Experimentierkästen (Workshop in a Box code4you.ch). Diesem Trend folgend haben Makerspaces und ihre Maker-Bewegung auch in der Schweiz immer mehr Aufmerksamkeit erlangt. So gibt es in allen Regionen der Schweiz FabLabs (Zürich¹ oder Winterthur²) sowie

1 <https://zurich.fablab.ch>.

2 <https://fablabwinti.ch>.

ausserschulische Makerspaces (Startbahn29³, CreativeLabZ⁴) und weitere Einrichtungen für Studierende an Universitäten/Pädagogischen Hochschulen (ETH Zürich; Student Project House⁵, FHNW; Makerstudio⁶). Räume, in denen sich Menschen treffen, um in Gruppen ihre Ideen und Produkte zu entwickeln, sich gegenseitig zu unterstützen und Probleme zu lösen, scheinen ein vielversprechender Weg zu sein, Zukunftskompetenzen zu vermitteln. Darüber hinaus untersuchen Forschungsprojekte im Hochschulbereich, wie Making im schulischen Kontext gefördert werden kann (z. B. Making Erprobung Thurgau⁷, Making im Unterricht/PH Zürich) und sehen Möglichkeiten, Making in den Unterricht zu integrieren (Becker und Jacobsen 2020; Hughes et al. 2022).

Mit der Einführung des Lehrplans 21 (Lehrplan 21 2019) in der Deutschschweiz konnte ein starker Fokus auf allgemeine Kompetenzen und Zukunftsfähigkeiten wie Kreativität in den Schulen beobachtet werden (Petko, Döbeli-Honegger, und Prasse 2018). Making schafft hier Möglichkeiten für Kinder und Jugendliche, sich an der Produktion von kreativen Designs oder digitalen Projekten zu beteiligen. Allerdings steckt Making in der Schule noch in den Anfängen und viele Lehrpersonen sind mit den Konzepten nicht vertraut oder leisten Pionierarbeit bei deren Einführung (Maurer und Ingold 2019). Die wenigen vorhandenen Tools und Anwendungen setzen entweder voraus, dass die Lehrkräfte über Vorkenntnisse und Verständnis für Maker-Konzepte verfügen, oder sie beschränken sich auf einzelne, in sich geschlossene Aktivitäten. Making findet daher meist in Ateliers oder Wahlfächern statt und wird selten als ganzheitliches Unterrichtskonzept erfasst.

Im Projekt «Making im Unterricht» wird mithilfe eines Design-Based-Research Ansatzes (Euler 2014) Making als Gesamtkonzept im Unterricht erprobt. Für die Umsetzung der Inhalte aus dem Grundlagenkurs Making wurden folgende Fragestellungen in den Mittelpunkt gestellt:

- Wie wird Making an den einzelnen Schulen in unterschiedlichen Fächern umgesetzt (Material, methodisch-didaktische Konzepte, Unterstützung)?
- Wie beurteilen die Lehrkräfte die Kursinhalte im Hinblick auf ihre Umsetzbarkeit (Anpassungen, Vorgaben, Grad der Freiheit)?
- In den Vertiefungskursen (Lasercutter, Digitale Muster) lag der Schwerpunkt auf Tool- sowie dem Handlungswissen mit den folgenden Forschungsfragen:
- Welche innovativen Ideen können mithilfe dieser Tools in den Klassen umgesetzt werden?

3 <https://startbahn29.ch>.

4 <https://creativelabz.ch>.

5 <https://sph.ethz.ch/makerspace>.

6 <https://makerstudio.fhnw.ch>.

7 <https://makerstars.org>.

- Inwiefern konnten die Lehrpersonen die erworbenen Kompetenzen umsetzen bzw. wo war Unterstützung nötig?
- Inwiefern unterstützen die Tools die Lehr/Lern-Arrangements in der Klasse und führen zur Neuschöpfung?

Ziel dieses Beitrags ist es zu zeigen, dass Lehrpersonen das in den Weiterbildungen erworbene Wissen nicht nur rezipieren, sondern auch im eigenen Unterricht in innovative und neue Making-Ideen integrieren und anwenden können. Dies unterstreicht die Bedeutung des praxisnahen Lernens und der direkten Umsetzung des neu erworbenen Wissens zur Unterrichtsgestaltung.

2. Theoretischer Hintergrund

Der Stand der Forschung zur Maker-Education ist vielfältig und wächst ständig. Studien haben gezeigt, dass Making das Engagement der Lernenden, ihre Kreativität und ihr Interesse an den Inhalten der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) fördern kann. Darüber hinaus haben Untersuchungen ergeben, dass Making das Lernen in authentische Kontexte einbettet und somit den Lernenden hilft, die Relevanz und Anwendung des Gelernten zu sehen. Während die Making-Bewegung im privaten Bereich durch Fablabs oder ausserschulische Makerspaces starke Verbreitung findet, werden auch die Chancen von Maker-Education zunehmend wahrgenommen. So fordert der Lehrplan 21, dass Informatik, wenn immer möglich durch selbstständiges Entdecken und handlungsbezogene Aufgabenstellungen vermittelt werden soll (Lehrplan 21 2019). Making kann daher ein Anstoss sein, das gemeinsame Unterrichtsverständnis weiterzuentwickeln, und stellt ein Schulentwicklungsthema dar, welches über die Unterrichtsebene hinaus organisatorische und personale Aspekte betrifft (An und Pozzi 2018). Im folgenden Kapitel werden neben den Grundlagen des Makings, welche auf dem Ansatz von «Design Thinking (DT) for Education» basieren, weitere Tools für Making im textilen und technischen Gestalten dargestellt. Diese legen die Grundlagen für die in diesem Projekt entwickelten Weiterbildungen.

2.1 Making: Grundlagen und Methoden

Der Grundlagenkurs basiert auf dem Ansatz des «Design Thinking (DT) for Education» (Blikstein und Krannich 2013; Garzi et al. 2019), welcher in drei Hauptphasen untergliedert ist: die *Erforschungs-*, *Entwicklungs-* und *Ergebnisphase* (siehe Abbildung 1). In diesen Phasen durchlaufen die Lernenden sechs spezifische Arbeitsphasen, die von der Recherche und Ideenfindung über die Skizzenerstellung, Entwurfsgestaltung, Planung und Umsetzung bis hin zur Präsentation und Evaluaton reichen.

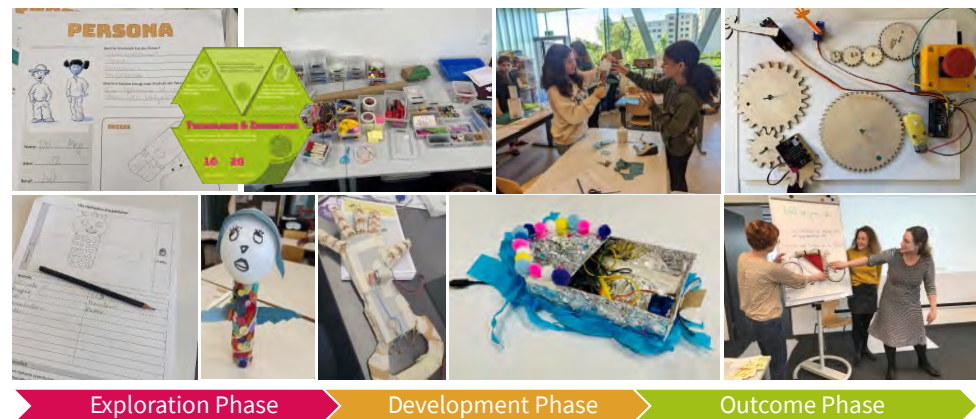


Abb. 1: Die drei Phasen des Design-Thinking Ansatzes (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

In der *Erforschungsphase* wird das Augenmerk auf die Formulierung und das Verständnis der Problemstellung gerichtet, die durch die Lehrkraft thematisch eingeschränkt oder durch zusätzliche Vorgaben konkretisiert werden können. Hierbei soll ein speziell entwickeltes Instrument die Lehrpersonen in der Planungsphase und bei der Ideenfindung unterstützen (Spieler et al. 2022a; Spieler et al. 2022b). Verschiedene Techniken, z. B. die Definition von Personae (Cooper 2004), fördern die Kreativität und Vielseitigkeit der Lernenden bei der Generierung von Lösungsansätzen.

Für die *Entwicklungsphase* wurden im Projekt verschiedene Open Educational Ressource (OER-)Materialien zur Unterstützung getestet⁸ und entwickelt. Diese helfen bei der Konkretisierung von Ideen und deren Umwandlung in ein Produkt sowohl für die Planung der Lehrpersonen als auch für die Umsetzung durch die Schüler:innen. In diesem Stadium können Aspekte der Nachhaltigkeitsziele der UN (im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung, wie sie auch im Lehrplan 21⁹ aufgegriffen werden) berücksichtigt werden. Die Schüler:innen erzeugen in dieser Phase erste Skizzen und Prototypen, wodurch Ideen visualisiert und greifbar gemacht werden.

In der *Ergebnisphase* werden die Prototypen verfeinert, digital erweitert und iterativ umgesetzt. Hierbei werden die Problemlösekompetenzen der Schüler:innen gefördert, und das unternehmerische Denken wird durch eine abschliessende Produktpräsentation angeregt (Amerhaider et al. 2019; EC 2022). Diese kann z. B. in Form eines 2-minütigen Elevator-Pitches (Digitale Schule 2019) erfolgen. Dabei wird dem Produkt ein Name gegeben, ein Slogan entwickelt und das Team angeregt, die Vorzüge der Erfindung darzustellen. So können die Ideen für mögliche Investor:innen (bzw. andere Schüler:innen) präsentiert werden.

8 Ideensammlung zur didaktischen Konzeption (Version 06/2021). <https://doi.org/10.5281/zenodo.5005119>.

9 <https://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e%7C200%7C4>.

Für die Dokumentation und Bewertung des Prozesses und der Ergebnisse stehen vielfältige Methoden zur Verfügung wie zum Beispiel Berichte, Lernjournale, Fotodokumentationen und Videos (Peppler et al. 2016), aber auch Peer-Bewertungen, Portfolios, Präsentationen und Bewertungsraster (Blikstein und Worsley 2016; Bevan et al. 2020). Diese Vielfalt an Bewertungsmöglichkeiten bietet einen umfassenden Blick auf den Lernprozess und die erzielten Ergebnisse.

Daher können mithilfe von Making-Aktivitäten, welche auf diesem DT-Ansatz basieren, vielfältige Kompetenzen geschult werden, u. a. kreatives Denken, Planungs- und Organisationsfähigkeit, Nachhaltigkeitsbewusstsein, Problemlösekompetenz, Unternehmerisches Denken, Präsentationsfähigkeiten, Reflexions- und Bewertungsfähigkeit sowie weitere digitale und technische Kompetenzen in der Weiterentwicklung bzw. Umsetzung von Projekten als «smart devices».

2.2 *Making und «Digital Fabrication»*

Makerspaces ermöglichen aufgrund ihrer breiten Trägerschaft und räumlichen Kapazitäten die Anschaffung und den Betrieb von Maschinen, die für Einzelpersonen schwierig zu beschaffen sind. Neben der allgemeinen Werkstattausrüstung mit Elektronikwerkstatt sind «Rapid Tooling»-Maschinen wie 3D-Drucker, CNC-Maschinen und Lasercutter sehr verbreitet. Vor allem Lasercutter und 3D-Drucker bieten das Potenzial, kreative und innovative Projekte in Form von «Digital Fabrication» umzusetzen (Iversen et al. 2015; Iivari et al. 2016). Lasercutting ermöglicht den präzisen Zuschnitt von Materialien wie Holz, Pappe oder Acryl, während 3D-Drucker dreidimensionale Objekte aus verschiedenen Materialien herstellen können. Beide Werkzeuge bieten Schüler:innen die Möglichkeit, ihre eigenen Entwürfe zu entwerfen und sie physisch zu verwirklichen. Entwürfe können in einem iterativen Prozess verfeinert und Modelle verbessert werden.

3D-Drucker finden zwar zunehmend Verwendung im privaten und schulischen Bereich (Ford und Minshall 2019; Novak et al. 2021), doch Lasercutter bieten schnellere Produktionsprozesse. In jüngster Zeit sind Lasercutter sowohl in Bezug auf ihre Grösse als auch auf ihren Preis für Schulen besser zugänglich geworden, (z. B. Flux Beamo oder Makeblock Laserbox). Der Einsatz von Zusatzsoftware zur Vektorisierung (Schifferle und Kollegger 2021) oder von integrierten Funktionen in den Lasercuttern kann den Aufwand erheblich reduzieren. Mit Lasercuttern lassen sich individuelle Produkte aus Materialien wie Karton, Sperrholz oder Acryl präzise und schnell herstellen (Yamaoka, Niiyama, und Kakehi 2017). Auch im Textilbereich können Lasercutter verwendet werden (Groeger und Steimle 2019), um beispielsweise Filz, Stoff oder Leder zu bearbeiten. Damit ermöglichen beide Fertigungstechnologien eine Kompetenzförderung auf unterschiedlichen Ebenen. Schüler:innen trainieren das Planen und Erstellen von Designs und Vektorgrafiken in Designprozessen,

arbeiten kreativ und oft in Teams an Lösungsprozessen und beschäftigen sich dabei mit technischen Geräten und deren Funktionsweisen. Sie entwickeln eigene Ideen und setzen sie als Produkte um.

2.3 *Making und Textiles Gestalten*

Die Idee von digitalen Mustern, welche mit einer Stickmaschine umgesetzt werden, ist nicht neu. Das in Wien ansässige Projekt TurtleStitch¹⁰ (Wolz, Auschauer, und Mayr-Stalder 2019) hat diese Idee bereits 2015 vorgestellt, und auch die Maker-Bewegung ist auf diese Möglichkeiten aufmerksam geworden (Spieler, Grandl, und Krnjic 2020c). Mit der Entwicklung von verschiedenen Physical Computing Produkten kann digitale Mode auch tragbar und interaktiv werden (Kafai et al. 2021). Zum Beispiel können bestickte Stoffe mit leitfähigen Fäden oder LED-Leuchten erweitert und so zu E-Textilien oder «Smart Wearables» weiterverarbeitet werden.

Unterschiedliche Möglichkeiten werden verwendet, um Textilien mit dem Digitalen zu verbinden (Buechley, Elumeze, und Eisenberg 2006; Merkouris, Chorianopoulos, und Kameas 2017). Manche Forschende sehen in diesem Konzept vor allem eine Strategie, um Mädchen für die Informatik zu begeistern (Chen und Lin 2017; Spieler et al. 2020a; Gursch et al. 2021). Im Projekt «Code'n'Stitch»¹¹ wurde digitale Mustererstellung als fächerübergreifende Methode zum Erlernen von Programmieren in der Mittelstufe (5.–7. Schulstufe) getestet. Ein besonderer Fokus des Projekts lag auf einer gendersensiblen Gestaltung der Workshops sowie der Veröffentlichung der freien App *Embroidery Designer*¹² (Spieler et al. 2020b). Die App bietet die Möglichkeit, Stickdateien mit speziellen Blöcken zu erstellen, die von herkömmlichen Stickmaschinen, z. B. Bernina oder Brother, ausgeführt werden können. Lernende erhalten somit wertvolle Kompetenzen, u. a. in Programmierung, Design (Entwerfen von digitalen Mustern), kreativem Denken, Problemlösefähigkeiten und die Befähigung zur kritischen Reflexion.

Obwohl die handwerkliche Ausbildung sowie die textile und technische Gestaltung (TTG) teilweise noch traditionell ausgerichtet sind, halten neue Technologien langsam Einzug (Martin 2015). Daher richtete sich das Projekt «Making im Unterricht» gezielt an TTG-Lehrkräfte, denen das nötige Wissen und die Unterstützung geboten wurde, um Informatikinhalte in ihren Unterricht zu integrieren.

10 <https://turtlestitch.com>.

11 <https://catrob.at/codeNstitch>.

12 <https://catrob.at/ED>.

3. Material und Methodik

3.1 Projekt «Making im Unterricht»

Das Projekt «Making im Unterricht»¹³ ist eine zweijährige Untersuchung und Entwicklung verschiedener Making-Weiterbildungskurse in den Schulstufen 5–9, die von der Digitalisierungsinitiative der Zürcher Hochschulen (DIZH)¹⁴ gefördert wird. In diesem Projekt arbeiten die Pädagogische Hochschule Zürich und die Universität Zürich mit dem CreativeLab Zürich und dem Schulamt der Stadt zusammen. Der innovative Aspekt dieses Projekts besteht im fächerübergreifenden Ansatz zur Gestaltung von Making-Aktivitäten durch die Einbeziehung von Naturwissenschaften, Robotik, Kunst und Design.

Der Grundlagenkurs besteht aus zwei Teilen und wurde im März und Mai 2022 durchgeführt (je 3½ Stunden). Ziel war es, dass die Lehrpersonen ein Verständnis für Making aufbauen und verschiedene Making-Aufgaben kennenlernen (Schön, Ebner, und Narr 2021, siehe Abbildung 2). Der Kurs orientiert sich am beschriebenen «Design Thinking for Education-Ansatz» (siehe Kapitel 2.1) mit dem Ziel, unterschiedliche Making-Aufgaben vorzustellen und Methoden auszuprobieren. Dieser Ansatz wurde gewählt, da er Schüler:innen ermutigt, Probleme aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten, Ideen in die Praxis umzusetzen, iterativ kreative Lösungen zu entwickeln und so kritisches Denken, Problemlösungsfähigkeiten und Kreativität fördert. Im ersten Zyklus war die digitale Komponente noch nicht besonders ausgeprägt. Der Schwerpunkt lag darauf, die Teilnehmenden zur aktiven Entwicklung von Prototypen zu ermutigen und sie mit unterschiedlichen Making-Methoden vertraut zu machen. Unterschiedliche Werkzeuge und Programme wurden erst in den Vertiefungskursen eingesetzt. Zwischen den beiden Kursen konnten die Teilnehmer:innen selbst Unterrichtsprojekte durchführen.

13 <https://explore-making.ch>.

14 <https://dizh.ch>.



Abb. 2: Eindrücke aus der Weiterbildung «Grundlagenkurs Making» (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

Im August und September 2022 folgten zwei Vertiefungskurse: «Kleines Lasercutter 1x1» und «Digitale Muster». Diese beiden Themen wurden gewählt, da hauptsächlich Lehrkräfte aus dem Bereich TTG am Projekt beteiligt waren und somit eine effektive Vermittlung von technischen und textilen Kompetenzen mit digitalen Tools und unter Einsatz des Making-Ansatzes sichergestellt werden konnte. In den weiteren Vertiefungskursen wurde auch auf Lehrpersonen aus dem Bereich NMG (Natur, Mensch und Gesellschaft) Rücksicht genommen. Während der Grundlagenkurs für alle verpflichtend war, konnten die einzelnen Lehrpersonen entscheiden, welchen der Vertiefungskurse sie wählen mochten. Im ersten Kurs wurde mit dem Online-Tool «vectr.com» gearbeitet. Hier wurde z. B. eine Blumenwiese gemeinsam modelliert oder ein Namensschild gestaltet, um das Tool kennenzulernen. Weiter wurde eine Einführung in den Lasercutter gegeben und die Möglichkeiten der Verwendung verschiedener Materialien besprochen, siehe Kapitel 2.2. Der Einsatz im Unterricht sowie Stolpersteine und Möglichkeiten waren weitere zentrale Themen.

Im Vertiefungskurs «Digitale Muster» lag der Schwerpunkt auf dem Workflow: von einer eigenen Skizze zum bestickten Stoff (siehe Kapitel 2.3). Ein wichtiger Schritt in diesem Prozess ist die Abstraktion (Angeli und Giannakos 2020). Das bedeutet, den Entwurf Schritt für Schritt zu vereinfachen, sodass aus komplexeren Motiven möglichst einfache programmierbare geometrische Formen (z. B. Kreise, Linien) werden. Da die meisten Lehrpersonen keine Programmiererfahrung hatten, war die Einführung in die App weniger ein freies Experimentieren als vielmehr ein schrittweises Nachprogrammieren.

Ein gemeinsamer Abschluss zu beiden Vertiefungskurse wurde im Januar 2023 als «Offene Werkstatt» durchgeführt.

3.2 Teilnehmende Lehrpersonen

Die Lehrpersonen kamen aus vier verschiedenen Schulen der Stadt Zürich und einer Schule im Kanton Zürich. Das Durchschnittsalter der Lehrpersonen betrug 44.70 Jahre (max: 55, min: 31), die durchschnittliche Unterrichtserfahrung 14.60 Jahre (max: 30, min: 5). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Lehrpersonen, ihre Schulstufen und Fächer sowie die besuchten und im Unterricht erprobten Kurse.

#	Schule		Funktion/Fach	Stufe	Grundlagen		Lasercutter		Digitale Muster	
					be-sucht	erprobt	be-sucht	er-probt	be-sucht	er-probt
1	1	w	Schulleitung	Primar	x					
2	2	w	Fach-LP, TTG	Sek, KG	x	x	x	x		
3	2	m	Klassen-LP, Fach-LP, Mathe, NT, MI, BG	Sek	x			x		
4	3	w	Fach-LP, TTG	Sek	x	x			x	x
5	3	m	Klassen-LP, TTG	Primar	x	x				
6	3	m	Klasen-LP, Mathe, NMG, MI	Sek	x	x			x	
7	3	w	Fach-LP, TTG	Pri-mar, Sek	x	x	x	x	x	
8	3	w	Fach-LP, TTG	Primar	x	x	x		x	
9	3	w	Klasen-LP, Mathe, NMG	Sek	x	x				
10	3	m	Fach-LP, TTG, BG	Pri-mar, Sek	x					
11	4	w	Fach-LP, TTG, MI	Pri-mar, Sek	x	x	x	x		
12	4	w	Fach-LP, TTG	Pri-mar, Sek	x	x	x	x	x	FS23
13	5	w	Fach-LP, TTG	Pri-mar, Sek	x		x	x	x	FS23

Tab. 1: Informationen zu den teilnehmenden Lehrpersonen.

Zusätzlich zu diesen Kursen werden weitere Kurse im Rahmen des Weiterbildungsangebots der Universität Zürich in Zusammenarbeit mit dem *Plant Science Center* zu Bio-Tinkering angeboten.

3.3 Datensammlung

Unser Forschungsprojekt bediente sich des Design-Based Research-Ansatzes (Euler 2014) zur Evaluation der Weiterbildungskurse, die wir in enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Lehrpersonen durchgeführt haben. Diese Methode ermöglichte uns, praxisnah und in stetiger Anpassung an die sich entwickelnden Bedürfnisse und Erkenntnisse zu arbeiten. Im ersten Schritt dieses Ansatzes haben wir uns der Definition der zentralen Problemstellung gewidmet: *Wie kann Making in unterschiedliche Fächer integriert werden?* Diese initiale Fragestellung diente als Ausgangspunkt unserer Forschung und beeinflusste die gesamte Gestaltung der Weiterbildungen. In der nächsten Phase haben wir basierend auf ersten Durchführungen die Weiterbildungskurse angepasst und weiterentwickelt (Jahn 2014). Dieser iterative Prozess ermöglichte uns, kontinuierlich auf neu entdeckte Bedürfnisse und Erkenntnisse zu reagieren und unsere Kurse entsprechend zu optimieren. Schliesslich haben wir die überarbeiteten Weiterbildungskurse in das reguläre Weiterbildungsprogramm der PH Zürich integriert und durchgeführt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen flossen wiederum in die Entwicklung und Optimierung der didaktischen Designprinzipien und weiterer Unterrichtsinterventionen ein (z. B. neue Unterrichtsideen der Teilnehmenden). Besonders hervorzuheben ist die partizipative Natur des gewählten Forschungsansatzes. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Lehrenden konnten wir eine breit gefächerte Perspektive auf die zu untersuchenden Themen erlangen und dabei von der unmittelbaren Expertise und den Erfahrungen der Lehrpersonen profitieren. Diese Interaktion führte zu einem fundierten Verständnis der Kompetenzen und Aufgaben, die die Weiterbildung beinhalten sollte (Allert und Richter 2011), und stärkte die Praxisrelevanz unserer Forschung.

Des Weiteren konnten die Lehrpersonen entscheiden, ob sie den Unterricht selbstständig durchführten oder vom PH Zürich-Team begleitet werden mochten. Im Frühlingsemester 2022 wurden zwei (LP 4, 8) und im Herbstsemester 2022 sieben Lehrpersonen (LP 2, 3, 4, 8, 11, 12, 13) begleitet. Zur Evaluierung der Kurse wurden verschiedene Datenquellen verwendet.

In den ersten zwei Zyklen des Projekts wurden zwei Fokusgruppengespräche durchgeführt. Das erste fand am 4. Mai 2022 zur Durchführung der Inhalte aus dem Grundlagenkurs Making (6 Projekte) statt, das zweite am 11. Januar 2023 auf Basis der beiden Vertiefungskurse (5 Projekte). Im Fokusgespräch präsentierte jede Lehrperson die eigene Idee oder Durchführungen im Unterricht und die anderen Teilnehmenden hatten die Möglichkeit, Rückfragen zu stellen oder zu kommentieren.

Manche Lehrpersonen teilten auch weitere Unterlagen, etwa Planungsboards auf MIRO/Padlet, Unterrichtsmaterialien oder Ergebnisdokumentationen. Eine Unterrichtsplanung wurde im ersten Zyklus von allen angefertigt.

Zusätzlich wurde mit Lehrperson 4 und 8 ein Interview im ersten Zyklus durchgeführt, um mehr über die Durchführung zu erfahren. Im zweiten Zyklus reichten die Lehrpersonen 2, 4, 11 und 13 ein schriftliches Fazit ein. Zusätzlich wurden in beiden Zyklen in den Unterrichtsdurchführungen Fragebögen von Schüler:innen ausgefüllt sowie die Durchführungen mit einer 360° Kamera aufgezeichnet. Für diesen Artikel wurden die Fragebögen der Schüler:innen und ihre Sicht jedoch nicht ausgewertet.

3.4 Datenauswertung

Die Fokusgruppengespräche und Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und in MAXQDA mithilfe einer Thematischen Analyse nach Silver und Lewins (2007) analysiert (siehe auch Boyatzis 1998, 4–9). Die Analyse wurde in sechs Schritten (nach Braun und Clarke 2013) durchgeführt: (1) Wiederholtes Lesen der Transkripte, Ideen sammeln und notieren, (2) erste Codes entwickeln, (3) nach Themen suchen («Creative Coding»), (4) Überprüfung der Themen, (5) Präzisieren der Themen und (6) Analyse anfertigen und Zusammenfassung erstellen. Die Thematische Analyse stellte sich als äusserst wirksam heraus, um die verschiedenen Perspektiven zur Planung der Unterrichtsdurchführung zu identifizieren, z. B. Fokus auf bestimmte Arbeitstechniken, Aufgabenstellungen oder die Struktur der Einheit (z. B. Grad der Freiheit, Vorgaben). Der folgende Codebaum wurde erstellt (Abbildung 3).

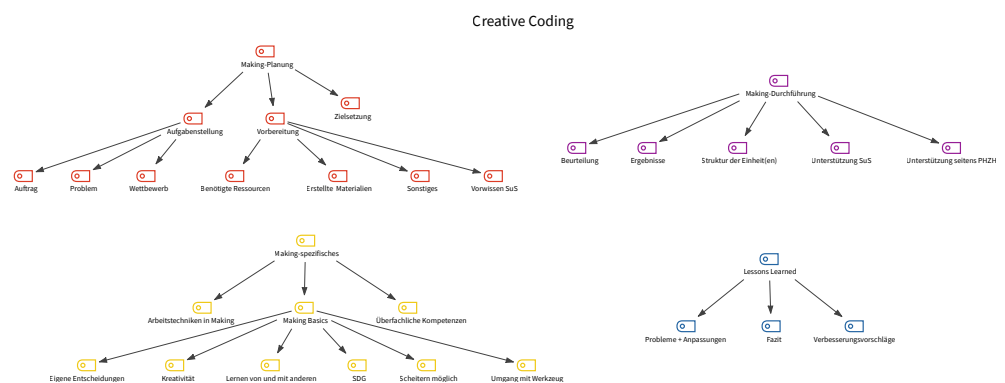


Abb. 3: Codebaum auf Basis einer qualitativen Inhaltsanalyse.

4. Ergebnisse

Für diesen Beitrag werden die ersten beiden Durchführungszyklen getrennt dargestellt. Der erste Zyklus besteht aus Ergebnissen von Praxisdurchführungen aus dem Grundlagenkurs. Der zweite Zyklus beinhaltet Durchführungen aus den Vertiefungsmodulen.

4.1 Erster Zyklus: Making Grundlagenkurs

4.1.1 Darstellung der Projektideen

Das erste Fokusgruppengespräch wurde in drei Gruppen mit je 3–4 Lehrpersonen durchgeführt. Insgesamt wurde der Grundlagenkurs mit ca. 450 Schüler:innen erprobt. Tabelle 2 zeigt die einzelnen Projekte. Eine Einheit entspricht ca. 50 Minuten.

Projekt 1: Maskerade (LP 2)	
Zeitraum	März bis April 2022
Making-Idee	Für einen Maskenball mit allen 20 Klassen der Sekundarschule wurden ca. 600 Masken gebastelt. Es wurden Anleitungen, Videos und Links zur Verfügung gestellt und verschiedene Masken gebastelt, z. B. in 3D-Optik aus Blumen und Federn, in verschiedenen Fächern, z. B. Bildende Kunst, Technisches und Textiles Gestalten, im offenen Lern-Atelier oder zu Hause.
Material	Unterrichtsplanung, Miro/Padlet Board, Dokument mit Stolpersteinen, Präsentation zu Arbeitstechniken
Schulstufe/ Schüler:innen	1. bis 3. Sekundarschulklasse, 20 Klassen, ca. 300 Schüler:innen
Projekt 2: Upcycling (LP 7+8)	
Zeitraum	Mai bis Juni 2022
Making-Idee	Die Idee war, verschiedene recycelte Materialien (z. B. Plastik, Toilettenpapierrollen, Tetrapacks, Nespresso-Kapseln usw.) zu verwenden, um ein Spiel, eine Dekoration oder einen Gegenstand des täglichen Gebrauchs herzustellen. Es wurden Lernjournale erstellt, um den Schüler:innen bei der Planung und Präsentation ihres Projekts zu helfen.
Material	Unterrichtsplanung, eigenes Lernjournal, Elevator-Pitch Training
Schulstufe/ Schüler:innen	5. Primarschulklasse. 2x2 Einheiten. 4 Halbklassen. ca. 40 Schüler:innen

Projekt 3: Making Grundlagen (LP 6)	
Zeitraum	April bis Juni 2022
Making-Idee	In Vorbereitung auf ein Calliope mini Programmierprojekt wurden die Grundlagen von Making mit kleinen Aufgaben, ähnlich denen in der Weiterbildung, eingeführt. Zum Beispiel mit einer Büroklammer und einem Blatt Papier die Welt verbessern, oder mit einem Stift und anderen Materialien ein Spiel entwickeln.
Material	Unterrichtsplanung
Schulstufe/ Schüler:innen	1. Sekundarschulklasse, 2 Einheiten, 2 Halbklassen, ca. 25 Schüler:innen
Projekt 4: Turmbau 1 (LP 11 und 12)	
Zeitraum	März bis April 2022
Making-Idee	Es wurde eine Einstiegsübung in Making erprobt. Die Aufgabe war als Wettbewerb konzipiert und lautete, im Team mit Schere, Klebeband und Papier einen Turm zu bauen. Die Ergebnisse wurden dann gegenseitig bewertet: der schönste, der grösste, der stabilste, usw. Turm.
Material	Vorgabe und Tipps
Schulstufe/ Schüler:innen	4. Primarschulklasse, 2 Einheiten, 4 Halbklassen, ca. 40 Schüler:innen
Projekt 5: Turmbau 2 (LP 5)	
Zeitraum	März bis April 2022
Making-Idee	Es wurden verschiedene Miniprojekte erstellt, wie z. B. Türme aus Knete und Holzspiessen zu bauen. Diese wurden dann auf einen Pappkarton gestellt und konnten weiter zu einem Kunstwerk entwickelt werden. Das Ziel war es, einen möglichst hohen Turm zu bauen. Später wurden Pappkartons verwendet und Geo-Dreiecke für mehr Stabilität hinzugefügt.
Schulstufe/ Schüler:innen	4. Primarschulklasse, 2 Einheiten, 1 Klasse, ca. 20 Schüler:innen
Projekt 6: Textile Kreativität gegen digitalen Terror (LP 4)	
Zeitraum	April 2022
Making-Idee	Um das Bewusstsein für das Thema Überwachung zu schärfen, wurden die folgenden Fragen diskutiert: Wo werden in täglichen Aktivitäten digitale Spuren hinterlassen? Wo werden persönliche Daten genutzt? Anschliessend entwarfen die Schüler:innen Textilien, um die digitale Überwachung und Macht auszu-tricksen, zum Beispiel Tarnkleidung oder Brillen.
Material	Unterrichtsplanung, Präsentation, Video
Schulstufe/ Schüler:innen	2. Sekundarschulklasse, 2 Einheiten, 2 Halbklassen, ca. 25 Schüler:innen

Tab. 2: Unterrichtsprojekte aus dem ersten Zyklus.

LP 1 berichtete zusätzlich, dass derzeit die Einrichtung eines Makerspaces an ihrer Schule geplant sei. Dieser soll gemeinsam mit der Nachmittagsbetreuung geschehen, um Ressourcen zu bündeln. Zwei weitere Lehrpersonen führten kein

spezifisches Projekt durch, sondern berichteten über vergangene Aktivitäten wie ein Projekt mit Spaghetti und Marshmallows zum Bau eines Turms oder LED-Lampen, Arduino-Boards und LilyPad-Projekten. Abbildung 4 zeigt Bilder aus den Projekten 1, 2 und 8.



Abb. 4: a. Projekt 1. 4b-c. Projekt 6. 4d-g. Projekt 2 (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

4.1.2 Auswertung Zyklus 1

Die Kategorie Planung der Making-Projekte berücksichtigt Kommentare zu unterschiedlichen Aufgabenstellungen, Vorbereitungen seitens der Lehrperson (z. B. Ressourcen) sowie die Zielsetzung der Making-Einheiten.

Die teilnehmenden Lehrkräfte nannten im Fokusgruppengespräch unterschiedliche *Aufgabenstellungen* (Unterrichtsideen), wie in Tabelle 2 dargestellt. Diese reichten von spezifischen Aufträgen wie dem Bau eines Turms über kreativere Projekte wie «etwas dekorieren» bis hin zu themenbezogenen Projekten, etwa der Herstellung von Masken für einen Abschlussball. Kommentare betreffend die nötigen *Vorbereitungen* für solche Projekte beinhalteten, dass diese Ressourcen erfordern in Form von Vorwissen, Zeit, Budget und Materialien. Im Kontext von TTG wurde betont, es sei von Vorteil, wenn die Schüler:innen bereits Erfahrung mit verschiedenen Werkzeugen und Techniken haben. Als optimale Zielgruppe für diesen freien Projektunterricht wurde die 5. Klasse genannt. Zeit wurde in das Sammeln von Materialien und das Erstellen von Anleitungen investiert. Hinzu kam Zeit, die im Unterricht für die Vermittlung von Techniken benötigt wurde. Zeitmangel stellte eine Herausforderung dar, insbesondere in Bezug auf die Umsetzung des Lehrplans und die Vermittlung von Fähigkeiten und Techniken. Verwendete Materialien reichten von Papier, Klebeband und Büroklammern über Knetmasse und Holzspiesse bis hin zu Recyclingmaterialien wie Tetrapack, Karton, Altpapier, Kaffeekapseln und Korken.

Es wurde betont, dass der Mut, vom Standard abzuweichen und Neues zu versuchen, ebenso wichtig sei wie eine einfache Umsetzung und Anpassungsfähigkeit bei der Auswahl von Materialien und Technologien. Die genannten *Zielsetzungen* waren vielfältig: Zum einen wurde genannt, eine kostengünstige und sinnvolle Aufgabe zu finden, die für unterschiedliche Schulstufen geeignet und geschlechtergerecht ist. Hinzu kam, eine einfache Umsetzung zu gewährleisten, die keine zusätzliche Belastung darstellt, Erfahrungen im Making zu sammeln und zu beobachten, was bei den Schüler:innen gut ankommt, sowie die Grundlagen von Problemstellungen durch klare Aufgabenstellungen zu vermitteln.

Die Kategorie **Durchführung der Making Projekte** berücksichtige Kommentare zur Struktur der Einheiten, nötige Unterstützung seitens der PH Zürich bzw. der Schüler:innen, sowie Aussagen zu Ergebnissen und Beurteilung.

Die *Struktur der Unterrichtseinheiten* zeigte in den Kommentaren ein sehr variables Bild. Einige nannten Lernjournale und Projektarbeit; andere beschrieben, dass sie die Aufgabe thematisch eingrenzten, um den Schüler:innen die Entscheidungsfindung zu erleichtern. Es wurde erwähnt, dass in einigen Fällen die Aufgabenstellung bewusst offengehalten wurde, um den Schüler:innen kreativen Spielraum zu geben. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Lehrkräfte unterschiedliche Ansätze verfolgten, um den Schüler:innen vielfältige Möglichkeiten zur Selbstdarstellung zu bieten. In Bezug auf die *Unterstützung durch die PH Zürich* betonten die Lehrkräfte, dass diese bei der Umsetzung neuer Unterrichtsideen sehr hilfreich war. So wurden beispielsweise vorgegebene Präsentationen und Filmbeispiele genutzt, um das Thema interessanter und realitätsnäher zu gestalten. Einige Lehrpersonen merkten an, dass sie mehr Hintergrundinformationen und Wissen benötigten, um neue Inhalte sicher vermitteln zu können. Auch der Austausch mit den anderen Lehrkräften (im Zuge des Fokusgruppengesprächs) wurde als wichtige Ressourcen angesehen.

Um die Schüler:innen zu unterstützen, wurden verschiedene Massnahmen ergriffen. So wurde z. B. von LP 7 zunächst eine Vorbereitungsstunde durchgeführt, in der die Schüler:innen einen sogenannten *Elevator Pitch* vorbereiten und vor der Gruppe präsentieren konnten. Dafür wurden spezielle Arbeitsblätter erstellt, die unter anderem Hilfestellungen zur Formulierung eines Slogans und zur Erstellung einer Webseite für einen sogenannten «Call to Action» enthielten. Es wurden Lernjournale zur Verfügung gestellt, damit sie ihre Aktivitäten und die verwendeten Fachbegriffe festhalten konnten. Von LP 2 wurde ein Dossier erstellt, in dem die Schüler:innen ihre Projekte abgeben konnten. Weiterhin wurden Anleitungen und Materialsets bereitgestellt, um den Schüler:innen ein selbstständiges Arbeiten zu ermöglichen und verschiedene Ansätze für die Umsetzung der Projekte präsentiert, etwa das Gestalten von 3D-Papierobjekten oder grafische Umsetzungen mit Filzstiften. Ergänzend dazu wurden auch Links und Bilder zur Verfügung gestellt, eine Präsentation inklusive Kriterienliste erstellt und MIRO-Boards sowie Padlets zur Visualisierung und

Organisation genutzt. Schliesslich wurde auch eine Liste mit möglichen Schwierigkeiten oder Stolpersteinen ausgegeben, um die Schüler:innen auf mögliche Herausforderungen vorzubereiten.

Die Reflexion der *Ergebnisse* der durchgeführten Projekte kam zu einem positiven Ergebnis. Im ersten Projekt berichtete die Lehrperson, dass das Vorgehen die Motivation förderte, zu Interaktion und kollegialem Austausch im Schulhaus führte und dass die Umsetzung von der Idee bis hin zu den fertigen Masken gut funktioniert habe. Die Präsentation der Ergebnisse und das Einholen von Feedback trugen zur Entwicklung einer konstruktiven Feedbackkultur bei. Die *Beurteilung* der Projekte wurde auf verschiedene Weisen vorgenommen. In einer Gruppe wurden die Projektergebnisse von den Schüler:innen selbst bewertet, was als positiv angesehen wurde. Andere Lehrpersonen versuchten, eine Note für das Projekt auf der Grundlage der Präsentation und des Arbeitsprozesses zu vergeben. Die Lehrenden planten vorwiegend, den Arbeitsprozess zu bewerten, statt bloss das Endprodukt fokussieren. Auch wurde erwähnt, dass eine Liste von Kriterien entwickelt werde, um den Erfolg des Projekts zu bewerten.

Der Kategorie **Kernelemente von Making** konnten Kommentare zu genannten Making-Kompetenzen, Arbeitstechniken in Making sowie genannte Making-Basics (notiert im Planungsbogen) zugeordnet werden.

Die Lehrpersonen nannten unterschiedliche *Kompetenzen*, welche bei Schüler:innen gefördert werden konnten. Schüler:innen sollten ihre Ideen kreativ entwickeln und sich nicht von vorgegebenen Beispielen einschränken lassen. Es wurde betont, dass die Freude am Schaffen geweckt und eine positive *Kultur des Fehlermachens* gefördert wurde. Es wurde auch auf die Bedeutung der Teamarbeit hingewiesen und darauf, während ein übersteigertes Wettbewerbsdenken kontraproduktiv wirken kann, insbesondere wenn es Stress auslöst oder die Aufgabenstellung nicht eindeutig ist. Schüler:innen sollen ihre eigenen Entscheidungen treffen können (z. B. über Materialien oder die Beurteilung durch andere). Weiterhin wurde betont, dass Selbstverwirklichung, Motivation, Identitätsbildung und Frustrationstoleranz gefördert wurden. Es wurde auch auf die Bedeutung einer konstruktiven Feedbackkultur zwischen den Schüler:innen hingewiesen, in der Tipps zur Verbesserung gegeben werden können.

Im Rahmen des Fokusgruppengesprächs wurden verschiedene Arbeitstechniken genannt. Eine wichtige Methode war die Verbindung von digitalem und handwerklichem Making, um alle Schüler:innen gleichermaßen zu begeistern. Dabei wurde das Prinzip der eigenen Lust und Neugier verfolgt, indem den Schüler:innen erlaubt wurde, eigenständig ihre Ideen im Unterricht, beispielsweise in TTG, zu verfolgen. Um die Kreativität zu fördern, wurde Projektunterricht mit individueller Projektauswahl und einem ausgedehnten Zeitrahmen eingeführt. Der Schwerpunkt lag auf der Entwicklung von Ideen und dem Bau von Prototypen, auch wenn diese zu diesem

Zeitpunkt vielleicht noch nicht realisierbar waren. Ein Trial-and-Error-Ansatz wurde befürwortet, bei dem die Schüler:innen durch Spielen, Üben und Fehlermachen lernen und ihre Projekte fortlaufend verbessern konnten. Eine Lehrperson nannte, dass zur Reflexion und Dokumentation der Arbeitsschritte und der Werkzeugnutzung Lernjournale eingesetzt wurden. Zudem wurde eine konstruktive Feedbackkultur gefördert. Ein Fokus lag auch auf der Wertschätzung von Materialien und der Verwendung von Alltagsgegenständen in kreativen Projekten. Um die Schüler:innen zur Generierung eigener sinnstiftender Ideen zu inspirieren, wurden vorgegebene Beispiele und Ideen genannt.

Sogenannte *Making-Basics* wurden den Lehrpersonen in der Form einer Maker-Planung zur Verfügung gestellt, welche sie zur Vorbereitung ausfüllten. Dort konnten sie z. B. angeben, ob und wann die folgenden Überlegungen eine Rolle spielen, die auch im Zuge der Fokusgruppengesprächen erwähnt wurden. Im Bereich «Eigene Entscheidungen treffen» betonte eine Lehrperson die Wichtigkeit, den Schüler:innen die Freude am Basteln und Experimentieren zu vermitteln und sie zu ermutigen, selbst nach Lösungen zu suchen und so eigene Entscheidungen zu treffen. Die Vorgaben sollten offengehalten werden, um Raum für Selbstverwirklichung und Motivation zu geben, aber auch um ein Gleichgewicht zwischen Offenheit und Einschränkung zu finden. Es wurde betont, dass wenig bereitgestelltes Material oft ausreicht, um sie zu inspirieren und herauszufordern.

Zum Bereich *Kreativität* betonten die Lehrpersonen, dass kreative Aktivitäten Zeit bräuchten und dass es wichtig sei, den Schüler:innen Raum zu geben, um sie selbst überlegen und experimentieren anzuregen. Sie erwähnten auch, dass Materialien und Ressourcen eine Rolle bei der Förderung der Kreativität der Kinder spielen können. Es wurde vermerkt, dass es wichtig sei, den Schüler:innen die Möglichkeit zu geben, ihre eigene Identität und ihre Interessen in kreative Aktivitäten einzubringen. Die Lehrpersonen sahen auch viel Positives in der Verwendung von Recycling-Materialien, um eine gewisse Wertschätzung für selbstgemachte Kunstwerke zu fördern. Schliesslich wurde auch die Bedeutung von Aktivitäten hervorgehoben, bei denen die Schüler:innen Kunstwerke nicht nur erstellen, sondern ihre Ideen in einen grösseren Zusammenhang stellen. In Bezug auf das *Lernen von und mit anderen* wurden verschiedene Aspekte hervorgehoben: Die Schüler:innen hatten z. B. die Freiheit, ihre Arbeitsgruppe selbst zu wählen. Im Rahmen verschiedener Aktivitäten, beispielsweise dem Bau von Türmen, mussten sie sich gemeinsam den Herausforderungen stellen. Lehrkräfte führten mit den Schüler:innen Diskussionen darüber, was ein erfolgreiches Team ausmacht und wie effektives Teamwork funktioniert. Darüber hinaus wurde betont, dass das Vorzeigen und Erklären eigener Arbeiten anderen Schüler:innen ermöglichte, von den jeweiligen Techniken und Ideen zu lernen. Insgesamt förderten diese Aspekte das kollektive und voneinander lernende Umfeld. Kommentare im Bereich «Scheitern wird ermöglicht» konnten in den

folgenden Aussagen zusammengefasst werden: Fehler und Misserfolge wurden als Lernchance betrachtet; sie dienten als Gelegenheit, den Entwurf zu verbessern und weiter zu verfeinern. Die Beschreibung eines Konflikts in einer der Gruppen (Projekt 4), wo die Zeit abgelaufen war und der Turm umfiel, zeigte, dass es wichtig ist, Regeln und Vereinbarungen im Voraus zu treffen, um Missverständnisse zu vermeiden. Die Lehrpersonen nannten Frustrationstoleranz und den Umgang mit Fehlern und Rückschlägen als Teil des Lernprozesses. Es wurde auch betont, dass das Scheitern als eine normale und akzeptierte Erfahrung betrachtet werden soll, die als Lernchance und zur Verbesserung genutzt werden kann. Zum «Umgang mit Werkzeugen und Techniken» gaben Lehrpersonen an, dass sie bei jüngeren Schüler:innen (Unterstufe) die Techniken ausführlich und langsam zeigten, bevor diese sie selbstständig anwenden konnten. Sie erkannten auch, dass die Vorkenntnisse und Fähigkeiten der Schüler:innen unterschiedlich waren, und passten ihre Vorgehensweise entsprechend an. Es wurde genannt, dass einige Schüler:innen mit mehr Freiheiten besser umgehen konnten als andere.

Kommentare in der Kategorie Fazit der Lehrpersonen beinhalteten Aussagen zu Problemen und Anpassungen sowie Verbesserungsvorschläge.

Die Lehrpersonen waren mit dem Verlauf der einzelnen Projekte grösstenteils zufrieden und lobten die Konzentration und das schnelle Arbeiten der Schüler:innen. Es wurde erwähnt, dass die Arbeitsweise der Klasse anders, aber positiv war. Es gab positives Feedback zu Teamaktivitäten und den erstellten kleineren Projekten, um die Grundlagen für grössere Projekte zu schaffen. Einige Lehrkräfte hielten es für sinnvoll, Projekte zu einem früheren Zeitpunkt (Primar) einzuführen, während andere Bedenken wegen einer möglichen Überlastung der Schüler:innen äusserten. Es wurde betont, dass die Auswahl und Bereitstellung von Materialien bereits eine wichtige Entscheidung darstellen. Eine Lehrperson merkte an, dass der eigene Ansatz vielleicht zu restriktiv gewesen war und die Schüler:innen mehr Freiheiten in der Gestaltung hätten haben sollen.

Die Kommentare zu genannten *Problemen und Anpassungen* umfassten die folgenden Aussagen: Anpassungen beinhalteten z. B., dass einzelne Begriffe verständlicher eingeführt wurden (Prototyp, Elevator Pitch) oder Ideen breiter interpretiert wurden (z. B. Projekt 6: Hier wurde der Fokus mehr auf andere Faktoren wie Stimme oder Bewegung zur Erkennung gelegt). Zeitdruck und Stress wurden als Herausforderungen empfunden, aber auch als Chance, aus Fehlern zu lernen und Produkte zu verbessern. Genannte *Verbesserungsvorschläge* beinhalteten die folgende Aussage: Es wird erwogen, verschiedene Ateliers zu organisieren, um die Verwendung verschiedener Materialien und Techniken zu erleichtern.

4.2 Zyklus 2: Vertiefungskurse «Lasercutter 1x1» und «Digitale Muster»

4.2.1 Darstellung der Projektideen

Das zweite Fokusgruppengespräch wurde mit vier Lehrpersonen durchgeführt. LP 13 konnte am Fokusgruppengespräch nicht teilnehmen, reichte aber ein schriftliches Fazit ein. Auch zu den Projekten 1–4 wurde ein Fazit nachgereicht, da sich diese Projekte zum Zeitpunkt des Fokusgruppengesprächs noch in der Durchführung befanden. Insgesamt waren ca. 160 Schüler:innen beteiligt. Tabelle 3 zeigt die unterschiedlichen Projekte.

Projekt 1: Digitale Muster (LP 4)	
Zeitraum	Januar bis Februar 2023
Making-Idee	Zuerst wurden Motive angefertigt, diese vereinfacht, abstrahiert und zusammen mit dem PH Zürich-Team programmiert. Die fertigen digitalen Muster wurden auf Pullover, Taschen oder andere Stoffe gestickt.
Material	Präsentation, Scratch Unplugged, Anleitungen, Vorlage für Skizzen
Schulstufe/ Schüler:innen	2. Sekundarschulklasse, 3 Einheiten Skizze, 2x3 Einheiten programmieren/ stickten, 4 Halbklassen, ca. 40 Schüler:innen
Projekt 2: Schlüsselanhänger (LP 7)	
Zeitraum	Zeichnen: November 2022, Cutten: März 2023
Making-Idee	Die Vektorgrafiken wurden mit der Unterstützung des PH Zürich-Teams erstellt. Die verschiedenen Designs wurden nur geschnitten, nicht graviert. Die Endprodukte sind Schlüsselanhänger aus Holz oder Plexiglas.
Schulstufe/ Schüler:innen	6. Primarschulklasse, 4 Einheiten, 2 Halbklassen, 22 Schüler:innen
Projekt 3: Lasercutter-Projekt (LP 11+12)	
Zeitraum	November bis Dezember 2022
Making-Idee	Nach einem allgemeinen Input konnten die Schüler:innen eigene Formen erstellen oder vorgefertigte Figuren nutzen. Sie halfen sich gegenseitig. In den zweiten Einheiten wurden die Figuren gecuttet und die Schülerinnen erstellten in Gruppen Anleitungen für ihr Produkt.
Material	eigene Tutorials
Schulstufe/ Schüler:innen	5. Primarschulklasse, 2x3 Einheiten, 2 Klassen, ca. 40 Schüler:innen

Projekt 4: Das Wort der Schule (LP 2+3)	
Zeitraum	September bis Oktober 2022
Making-Idee	Die Aufgabe bestand darin, pro Klasse ein Wort auszuwählen, welches die Klasse repräsentiert, und dieses als Christbaumschmuck mit dem Lasercutter aus Acrylglas auszuschneiden. Zwei Designvertreter:innen aus jeder Klasse wurden mit dieser Aufgabe betraut. Die Wörter sollten auch per Audiodatei erklärt werden und am Ende wurde das <i>Wort der Schule</i> gekürt.
Material	Miro/Padlet Boards, Anleitungen, Präsentation
Schulstufe/ Schüler:innen	1. bis 3. Sekundarschulklasse, TTG, offenes Atelier (2 Wochen für die Auswahl, 2 Wochen für die Umsetzung), 2-3 Schüler:innen aus 17 Klassen, ca. 50 Schüler:innen
Projekt 5: Die Frucht (LP 13)	
Zeitraum	September 2022
Making-Idee	Verschiedene Früchte und Gemüse (z. B. Äpfel, Bananen, Paprika) wurden in Scheiben geschnitten und per Software vektorisiert. Die einzelnen Teile wurden dann mit dem Lasercutter aus Plexiglas ausgeschnitten und wieder zu Früchten zusammengesetzt. In weiteren Schritten könnten diese mit LED-Streifen zu Lampen gestaltet werden.
Material	Anleitung, Präsentation
Schulstufe/ Schüler:innen	Sekundarschule, 1 Klasse, 12 Schüler:innen

Tab. 3: Unterrichtsprojekte aus dem Zyklus 2.

Abbildung 5 zeigt Eindrücke aus den Projekten.

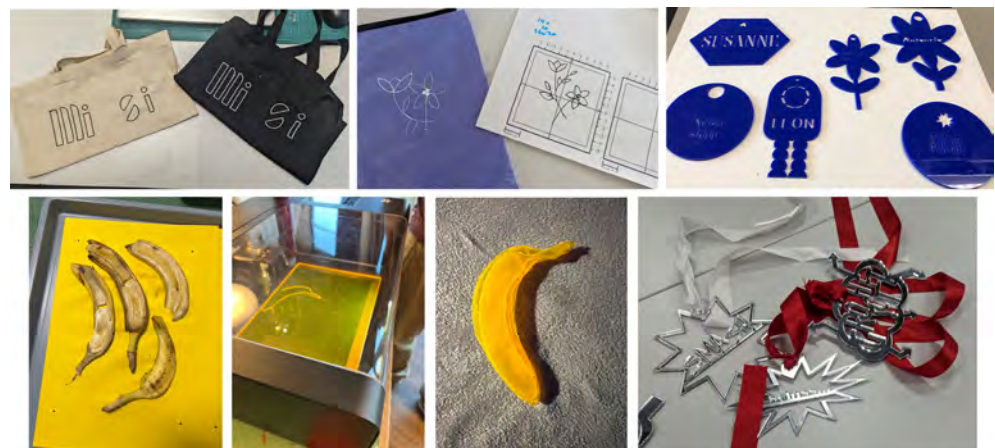


Abb. 5: 5: a-b: Projekt 1. 5c: Projekt 3. 5d-f: Projekt 5. 5g.: Projekt 4 (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

LP11 und 12 haben im März und April 2023 zusätzliche Unterrichtseinheiten zu «Digitale Muster» mit je zwei Halbklassen (ca. 40 Schüler:innen) geplant. LP11 wird dies ähnlich gestalten wie Projekt 1. LP12 hat mit ihrer Klasse bereits unterschiedliche Drahtporträts erstellt. Diese sollen im nächsten Schritt weiter abstrahiert und mithilfe verschiedener Kreisvorlagen programmiert werden (siehe Abbildung 6).



Abb. 6: Projekt Lehrperson 11: Drahtporträts digitalisieren (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

4.2.2 Auswertung Zyklus 2

Ebenso für die Auswertung des zweiten Zyklus betreffend Vertiefungskurse wurden anfangs Kommentare in der Kategorie Planung der Making-Projekte gesammelt.

Kommentare zur *Aufgabenstellung* (siehe Tabelle 3) zeigten, waren hauptsächlich um auftragsbezogen. Hier wurden z. B. verschiedene Designaufgaben thematisiert, die den Einsatz unterschiedlicher Materialien und Techniken erforderten. Dazu gehörten das Entwerfen und Programmieren von Motiven oder das Erstellen von Vektorgrafiken und die Umsetzung durch den Lasercutter.

Kommentare, welche die *Vorbereitung* der Making-Aktivitäten betrafen, konzentrierten sich wieder auf benötigte Ressourcen: In den meisten Fällen wurden der Lasercutter und die Stickmaschine der PH Zürich ausgeliehen. Eine Schule erhielt im Februar 2023 ihre eigenen Geräte. Materialien der PH Zürich, vor allem für das Sticken oder Smartphones, wurden ebenfalls genutzt. Weitere erwähnte Ressourcen waren z. B. Früchte, Messer, Schneidmatten, Acrylglas/Plexiglas, Din-A3-Papier oder LEDs. Für die Umsetzung wurden wiederum die benötigte Praxis und Zeit genannt. Die angesprochenen *Zielsetzungen* bezogen sich hier meist auf das Endprodukt, z. B. etwas aus Acryl oder Holz zu erstellen. Zum Vorwissen der Schüler:innen wurde im Projekt zu «Digitale Muster» genannt, dass es von Vorteil ist, wenn die Kinder bereits mit der visuellen Programmierung vertraut sind. Weitere Kommentare betrafen die Vorbereitungen seitens der Lehrpersonen wie die Untersuchung von Obst und Gemüse (Projekt 5) oder der Beispiele für geometrische Formen und Abstraktion zu suchen, indem z. B. Fotos oder Tierbilder in geometrische Formen zerlegt wurden (Projekt 1).

Zur tatsächlichen **Durchführung der Making Projekte** konnten in dieser Kategorie die folgenden Kommentare gebündelt werden: Zur *Struktur der Einheiten* wurden in Projekt 2 insgesamt drei Einheiten à 50 Minuten zur Erstellung von Vektorgrafiken genutzt und die Schüler:innen arbeiteten paarweise. Für die Erstellung der Vektorgrafiken wurden vorgegebene Formen und Schriftarten verwendet. Gemeinsam bearbeiteten sie die Fläche, um sicherzustellen, dass die Figuren nicht zu gross oder zu klein sind. In Projekt 3 hatten Schüler:innen die zusätzliche Aufgabe, eine Anleitung für ihre Vektorgrafiken zu schreiben. Für Projekt 1 wurden 2–4 Einheiten für die Erstellung der Motive genutzt, 4–6 Einheiten für die Programmierung und teilweise zwei zusätzliche Einheiten für das Sticken.

Vor allem in den Vertiefungskursen wurde die PH Zürich häufig um *Unterstützung* gebeten. Diese wurde als sehr hilfreich beschrieben. Zum Beispiel wurde zum Lasercutter ein Input gegeben sowie die Technik dahinter erklärt, was die Schüler:innen spannend fanden. In einer anderen Klasse wurde das 1x1 der Vektorgrafik erklärt. Obwohl es für die Schüler:innen anstrengend war, konnte sichergestellt werden, dass ihre Formen tatsächlich umgesetzt werden konnten. Bei einigen Produkten mussten im Nachhinein noch zusätzliche Anpassungen vorgenommen werden. In den Projekten 2 und 5 wurde ein «CutDay» zusammen mit der PH Zürich geplant. Die Lehrpersonen nahmen weitgehend eine passive Rolle ein, machten sich aber Notizen für weitere Durchführungen. Es wurde festgestellt, dass viel Übung nötig ist, um sich mit dem Programm vertraut zu machen.

In Projekt 1 wurde die Einführung in die allgemeine Programmierung von der PH Zürich übernommen. Während der Umsetzung der eigenen Motive wurde die Lehrperson immer sicherer und unterstützte die Schüler:innen bei Fragen und der Fehlersuche. Dies führte zu Selbstvertrauen, in Zukunft Klassen selbstständig zu unterstützen zu können. Zur Unterstützung der Schüler:innen wurden seitens der Lehrperson die folgenden Hilfsangebote entwickelt: Im Umgang mit der Stickmaschine wurden klare Vorgaben bereitgestellt, beispielsweise eine Vorlage, um die Grösse der Muster im Programm besser auf die finalen Stickereien anzupassen. Die Schüler:innen erhielten Beispiele, die zeigten, was in der vorgegebenen Zeit machbar und sinnvoll umsetzbar war. Darüber hinaus wurden weitere Anregungen wie Sportlogos, geometrische Figuren und andere Designs zur Inspiration gezeigt. Die Lehrperson half bei der Verkleinerung oder Vergrößerung von Schriften und Designs mithilfe von Kopierer oder Projektor. In Bezug auf den Lasercutter wurden die Schüler:innen beim Speichern der Dateien und der Auswahl einer geeigneten Schriftart unterstützt. Die Lehrpersonen halfen bei der Korrektur von Vektor-Zeichnungen und erstellten Tutorials mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen. Beim Klassenübergreifenden Projekt 4 wurde eine enge Kommunikation mit den Designdelegierten und weiteren beteiligten Personen genannt, um eine effektive Koordination und Unterstützung zu gewährleisten. Kommentare zu *Ergebnissen* wurden in unterschiedlichen Projekten

genannt: In Projekt 5 wurden nach dem Cutten die einzelnen Scheiben so zusammengesetzt, dass die Früchte möglichst realistisch rekonstruiert werden konnten. Dies geschah mit einer doppelseitigen Klebefolie. Auch bei anderen Projekten (2, 3) war es das Ziel, dass jede Gruppe ein fertiges Lasercutter-Kunstwerk vorweisen konnte oder im Projekt 4 ein Christbaumornament pro Klasse. In Projekt 1 konnten nicht alle Schüler:innen die Programme in der vorgesehenen Zeit fertigstellen. In einer weiteren Einheit (ohne Beteiligung der PH Zürich) konnten alle mit Unterstützung der Lehrperson fertig programmieren/sticken. Am Ende konnte jedes Kind ein fertiges Muster auf einer beliebigen Textilie (z. B. Pullover, Tasche) vorzeigen. Nur in Projekt 3 wurde ein Kommentar zum Bereich *Beurteilen* notiert und die Art der Bewertung erwähnt. Hier wurden die selbsterstellten Tutorials der Schüler:innen zu ihren Vektorgrafiken bewertet.

In der Kategorie **Kernelemente von Making** konnte eine Vielzahl von Kommentaren verortet werden.

Im Bereich der *Making-Kompetenzen* wurde genannt, dass die Schüler:innen mit vielfältigen Aufgaben konfrontiert wurden, die ein breites Spektrum an Fähigkeiten erforderten. Insbesondere Aufgaben, die den Lasercutter und das dazugehörige Vektorprogramm involvierten, erfordern ein hohes Mass an räumlichem Vorstellungsvermögen. Ein Beispiel dafür ist die Nachbildung von Früchten. Diese Aufgaben liessen zudem viel Spielraum für kreative Gestaltung und individuelle Differenzierung. Zudem war es wichtig, dass die Kinder eigenständig mit den Anweisungen umgehen konnten. Sie mussten sich Zeit nehmen um zu überlegen, wie das Ergebnis aussehen sollte, und sie mussten organisatorische Aufgaben bewältigen. Insgesamt bewerteten die Lehrpersonen die Aufgaben als anregend, spannend und anspruchsvoll für die Schüler:innen, was auf die vielfältigen Kompetenzen hinweist, die durch das Making entwickelt und gestärkt werden können.

Die genannten *Arbeitstechniken im Making* umfassten eine Vielzahl von Ansätzen und Methoden, die das Lernen der Schüler:innen auf verschiedene Weise förderten. Zunächst gab es Möglichkeiten zum Experimentieren und Gestalten mit geometrischen Figuren, die entweder analog, beispielsweise mit Lego oder Karton, oder digital mit einem einfachen Zeichenprogramm oder Word durchgeführt werden konnten. Zur Förderung des Verständnisses für komplexe Konzepte wie Vektoren wurden Einführungsaufgaben verwendet. Um die Motivation und Neugierde der Schüler:innen zu wecken, wurden fertige Produkte als Beispiele vorgezeigt. Eine intrinsische Motivation wurde durch Aufgaben gefördert, die von den Schüler:innen selbst gewählt wurden, und diese befähigten sie zu selbstständigem Lernen. Ein weiterer Ansatz war das Teamteaching und die Aufteilung der Klasse in Gruppen, was das selbstständige Arbeiten der Schüler:innen ermöglichte und gleichzeitig die Lehrperson entlastete. Schliesslich waren das entdeckende Lernen und die Entwicklung von Ideen

ein zentraler Aspekt der Arbeitstechniken im Making. Die Schüler:innen wurden ermutigt, kreative Lösungen zu finden und ihre eigenen Ideen umzusetzen, was ein tiefgreifendes, selbstgesteuertes Lernen förderte.

Der PH Zürich-Planungsbogen und somit die Berücksichtigung der *Making-Basics* wurde von den Lehrpersonen nicht zur Vorbereitung der Vertiefungskurse genutzt. Eine mögliche Ursache könnte sein, dass die Vorbereitung sich teils sehr stark auf das Werkzeug (Lasercutter, Programmier-App) konzentrierte und weniger Making-Grundlagen beinhaltete. Trotzdem konnten einige Schlüsselwörter für typische Kennzeichen von Making in den Aussagen der Lehrpersonen gefunden werden.

Das Treffen *eigener Entscheidungen*: Einige Schüler:innen verwendeten vorgefertigte Figuren, während andere selbst etwas zusammenstellten (Projekt 2). Projekt 4: Es gab Unterschiede in der Umsetzung, denn einige Schüler:innen konnten kurz in der TTG-Klasse ausprobieren, die meisten arbeiteten aber selbstständig im Lernatelier weiter. Es war eine Herausforderung für die Schüler:innen, die organisatorische Ebene selbst in die Hand zu nehmen und darüber nachzudenken, wie ihr Projekt aussehen könnte.

Im Hinblick auf die *Kreativität* wurden verschiedenen Aspekte genannt: In Projekt 2 war beispielsweise der Grad des kreativen Engagements eher gering, dennoch bereitete die Herstellung der Objekte den Schüler:innen grosse Freude. Demgegenüber zeigte Projekt 4 einen höheren Grad an kreativem Input. Hier gab es zahlreiche eigenständige Ideen, die die Lehrpersonen überraschten. Das von der Klasse ausgewählte «Wort» führte zu humorvollen und kreativen Umsetzungen, die auch zu einer tieferen Auseinandersetzung mit den Inhalten anregen konnten. Allerdings haben nur drei Klassen ihr Wort mit einer erklärenden Audiodatei versehen. In Projekt 5 konnten die Schüler:innen noch einen Schritt weiter gehen und Plexiglasleuchten mit dem Lasercutter gravieren. Dies eröffnete eine Fülle neuer Möglichkeiten und förderte die Kreativität der Schüler:innen auf eine innovative Art und Weise. Kommentare zu *Lernen von und mit anderen* konnten in Projekt 4 gesammelt werden: Nach der Einführung waren die Schüler:innen in der Lage, erstaunlich gut mit dem Programm zu arbeiten und ihre eigenen Vektordateien zu erstellen. Es entwickelte sich ein Teamgeist, bei dem sie sich gegenseitig halfen. Es wurde auch ein Dossier mit allen Vektor-Schriften und Comic Bubbles erstellt und ausgedruckt, um die Entwürfe in der Klasse zu besprechen, was auf unterschiedliche Weise geschah. Zu *Scheitern wird ermöglicht* konnten nur wenige relevante Aussagen identifiziert werden. Häufig wurden Fehler in den Programmen genannt, z. B. zu dünne Ränder, unzusammenhängende Schrift oder dass die Früchte am Ende kleiner waren als die Originale. Aufgrund der kurzen Zeit, die für die Durchführung zur Verfügung stand, wurden die Dateien meist vom PH Zürich-Team überarbeitet oder die Schüler:innen wurden bei der Fehlersuche unterstützt. Ein mehrfaches Schneiden und Anpassen war so nicht möglich. Zu *Umgang mit Werkzeugen und Techniken* wurden folgende

Kommentare gefunden: Die Einführung der Werkzeuge war so gestaltet, dass sie etwas über die Technik und die Maschine lernen konnten, während der kreative Anteil hier eher gering war. Die Schüler:innen freuten sich sichtlich auf die Arbeit mit den Maschinen. Für Projekt 1 gab es im Zuge der Anschaffung der eigenen Stickmaschine eine spezielle externe Schulung für Lehrpersonen. Hier war es auf jeden Fall wichtig, dass auch alle Schüler:innen den Prozess des Stickens selbst erleben konnten.

Die letzte Kategorie umfasste wieder Aussagen zu einem generellen **Fazit** der Lehrpersonen. Bezüglich des Lasercutterprojekts stellte die Lehrperson zu Projekt 4 fest, dass einige Schüler:innen Schwierigkeiten hatten, die Aufgabe selbstständig umzusetzen, da sie viel Fantasie und Geduld erfordere. In Projekt 5 gab es auch Probleme mit der Grösse der Früchte aufgrund von Fehlberechnungen mit dem Übertragungsgerät. Dennoch sah die Lehrerin Potenzial in der Aufgabe, das räumliche Vorstellungsvermögen und die innere Differenzierung zu fördern. LP7 sah das Projekt als eine gute Einführung in die Materialien und Tools, die jetzt auch an ihrer Schule zur Verfügung stehen, und es gibt mehrere Anknüpfungspunkte für weitere Projekte. In Projekt 4 gab es auch positive Auswirkungen wie z. B. Interesse anderer Schüler:innen, die zukünftig gerne Projekte mit dem Lasercutter machen wollten. Die Lehrperson von Projekt 1 erachtete es als wichtig, das Programm gut zu beherrschen und den Schüler:innen beizubringen, wie sie die App auf ihren Smartphones nutzen können. Es wurde auch vorgeschlagen, Videos und fertige Beispiele zu verwenden, um die Motivation der Schüler:innen zu steigern. Das Projekt könne zukünftig im Bereich von Logos, Schriftzügen und zur Aufwertung der eigenen Arbeit eingesetzt werden.

Bei der Durchführung der Projekte stiessen die Schüler:innen und die Lehrpersonen auf einige *Herausforderungen* und mussten *Anpassungen* vornehmen. Bei der Nutzung des Lasercutters ergaben sich lange Wartezeiten, da nur ein Gerät zur Verfügung stand. Um dem entgegenzuwirken, wurde den Schüler:innen jedoch ein zusätzlicher Tag für die Fertigstellung ihrer Arbeiten gewährt. Die Erstellung von Vektorgrafiken war eine weitere Herausforderung, für die drei Unterrichtsstunden als unzureichend eingestuft wurden. Besonders schwierig war es, jene Schüler:innen zu motivieren, die keine hohen Erwartungen an sich selbst hatten und möglicherweise uninteressiert an den Aufgaben waren. Dies wurde vor allem bei jüngeren Kindern als signifikante Herausforderung angesehen. Bei der Erstellung digitaler Muster stiessen die Schüler:innen ebenfalls auf Schwierigkeiten. Der Laufstich wurde als zu dünn empfunden, was das Endergebnis der Stickerei beeinträchtigte. Eine vorgeschlagene Anpassung bestand darin, das Vernähen am Ende des Stiches zu fördern um zu verhindern, dass sich die Stickerei löste. Komplexere Aufgaben wie die Umsetzung von Schriftarten und komplexen Mustern stellten eine weitere Herausforderung dar, da es den Schüler:innen schwerfiel, diese als Programm

umzusetzen. Einige Schriften wurden zunächst zu klein gezeichnet und die Kombination komplexer Muster erforderte mehr Übung. Dadurch mussten die Erwartungen der Schüler:innen immer wieder angepasst werden.

Die Erfahrungen aus den Projekten haben auch zu einer Reihe von *Verbesserungsvorschlägen* geführt. So sollte die Aufgabe in Projekt 5 zukünftig so konzipiert sein, dass verschiedene Materialien wie Holz und Plexiglas zum Einsatz kommen können. Um die Wartezeit auf Geräte wie den Lasercutter zu verkürzen und die Verfügbarkeit der notwendigen Werkzeuge zu verbessern, sollte unter anderem auch für ausreichend USB-Sticks für den Datenaustausch gesorgt werden. Ein weiterer Vorschlag war die Einrichtung einer werkstattähnlichen Umgebung. Damit könnten Schüler:innen, die auf den Einsatz bestimmter Geräte warten müssen, die Wartezeit mit anderen Aktivitäten wie Nähen oder Programmieren überbrücken. Um den Lernprozess weiter zu verbessern und individueller zu gestalten, wurde in Projekt 1 vorgeschlagen, Video-Tutorials einzusetzen. Diese könnten den Schüler:innen ermöglichen, unabhängig und in ihrem eigenen Tempo zu lernen, besonders wenn mehr Zeit zur Verfügung steht. Schliesslich wurde empfohlen, eine bessere Anleitung und Unterstützung bereitzustellen, um Fehler zu minimieren und den Schüler:innen bei technischen Herausforderungen zu helfen.

5. Diskussion

Zyklus 1: Die durchgeführten Making-Projekte stellten kleine Making-Beispiele bis hin zu kleineren Projektarbeiten sowie schulumfangfassende grössere Aufträge dar. Eigens erstellte Arbeitsblätter, neue Ideen sowie Weiterentwicklungen der Ideen aus der Weiterbildung und die Adaptierung in verschiedene Gefässe zeigen, dass Lehrpersonen die Weiterbildung zum Grundlagenkurs gut im eigenen Unterricht umsetzen konnten und sogar neue Ideen generierten. Making wurde zwar sehr punktuell im Unterricht eingesetzt. Trotzdem wurde diese neue Arbeitstechnik als gewinnbringend gesehen und eröffnete insbesondere auch für den TTG-Unterricht neue Perspektiven und Techniken. Eine Vielzahl von Kompetenzen, welche durch Making mehr Gewicht erhalten sollen, wurde von den Lehrpersonen erwähnt und als wertvoll gesehen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Umsetzung von Making in den verschiedenen Fächern auf vielfältige Weise genutzt wurde und dass unterschiedliche methodisch-didaktische Konzepte, Materialien und Unterstützungsmöglichkeiten zum Einsatz kamen. Zeitmangel und Zeitknappheit sowie der eigene Wissensstand wurden als Herausforderung für die Lehrpersonen genannt. Die Umsetzbarkeit der Lehrinhalte wurde als anpassungsfähig und offen bewertet, wobei der Mut hervorgehoben wurde, neue Wege zu gehen und sich mit unterschiedlichen Materialien und Technologien vertraut zu machen.

Zyklus 2: Hier wurde untersucht, welche innovativen Ideen mithilfe der Tools umgesetzt werden können. Die Lehrkräfte konnten neue Ideen umsetzen, aber es wurde auch deutlich, dass sie Unterstützung im Umgang mit den Tools benötigten (z. B. Vektorprogramme, Programmierung, Umgang mit den Werkzeugen selbst).

Die Schüler:innen wurden motiviert, neue Kreationen zu entwerfen, d. h. kreative Designs oder Produkte. Dies bot Möglichkeiten für kreative Problemlösungen und die praktische Anwendung von Wissen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz des Lasercutters und der Stickmaschine im Regelunterricht gut möglich war. Andererseits wurde auch deutlich, dass die Integration von Making in den Unterricht einen gewissen organisatorischen und didaktischen Aufwand erfordert, um die Schüler:innen bestmöglich zu unterstützen und zu fördern. Daher ist es wichtig, die Lehrkräfte in ihrer Kompetenzentwicklung zu unterstützen und die Verfügbarkeit von Ressourcen und technischer Ausrüstung in den Schulen zu berücksichtigen, um eine nachhaltige Etablierung von Making in Schulen zu fördern.

Abschliessend kann festgestellt werden, dass trotz seiner vielversprechenden Möglichkeiten die Implementierung des Making-Ansatzes in der Schule vor beträchtlichen Herausforderungen steht. Neben der Notwendigkeit, die erforderlichen technischen Fähigkeiten zu erwerben und zu vermitteln, müssen auch organisatorische Hürden überwunden und pädagogische Konzepte entwickelt werden, die den spezifischen Anforderungen des Makings gerecht werden. Hier sehen wir die Notwendigkeit für bedürfnisorientiertere Beratungskonzepte, um Bildungseinrichtungen mit Werkzeugen und Strategien auszustatten, die zusätzlich darauf zielen, die Akzeptanz von Technologie zu erhöhen. Hier zeigt auch das TPACK Modell auf (Koehler et al. 2014), dass Lehrpersonen für die Umsetzung und Begleitung von Making-Aktivitäten neben inhaltlichem Wissen (geeignete Problemstellungen finden) auch technologisches Wissen (Bedienung von Werkzeugen) und pädagogisches Wissen (Begleitung der Lernprozesse) benötigen. Daher müssen Lehrpersonen zukünftig vor allem in ihrer Multiplikatorenrolle für den didaktisch sinnvollen Einsatz von Making-Aktivitäten geschult werden.

6. Conclusio

Dieses Projekt hat das Potenzial, neue Wege für Innovationen in der Maker-Education aufzuzeigen. Eine unserer wichtigsten Erkenntnisse war die Kreativität und Innovationsfähigkeit der Lehrpersonen selbst, die durch ihr Engagement und Ideenreichtum für neue Unterrichtsbeispiele eine entscheidende Rolle in der erfolgreichen Implementierung und Weiterentwicklung unserer Kurse spielten (z. B. Überarbeitung der Skizzen, neue Tutorials für Digitale Muster, Video-Anleitungen für Lasercutter-Programme etc.). Insbesondere haben Lehrpersonen eigene Ressourcen und Materialien erstellt und diese mit uns geteilt, was zur Entwicklung von online

Lernobjekten beitrug, welche somit tatsächliche Unterrichtsbeispiele zeigen. Diese werden gesammelt als Open Educational Resources (OER) am Ende des Projektes zur Verfügung stehen.¹⁵ Gemeinsam mit Beispielen von Studierenden aus dem Wahlmodul «Making im Unterricht» der Ausbildung Primar sollen diese allen Lehrpersonen in ihrer Ideenfindung und Umsetzung von Making-Projekten Unterstützung bieten. Ein weiterer bemerkenswerter Aspekt unserer Studie war die Durchführung von Projekten in der Primar- und Sekundarstufe, die auch über einzelne Klassen hinweg stattfanden. Dies ermöglichte nicht nur eine Zusammenarbeit und Interaktion zwischen verschiedenen Schüler:innengruppen, sondern auch Austausch und Zusammenarbeit zwischen den Lehrpersonen.

Darüber hinaus zeigen unsere Ergebnisse, dass die Lehrpersonen auch aktiv an der Weiterentwicklung und Anpassung der Making-Aufgaben und -Methoden beteiligt sind, um sie besser auf die Bedürfnisse und Interessen ihrer Schüler:innen abzustimmen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit von Fortbildungen und Unterstützungsstrukturen, die die Lehrpersonen in ihrer Rolle als Gestalter:innen von Making-Erfahrungen stärken und ihnen ermöglichen, ihre Fähigkeiten und Kompetenzen in diesem Bereich weiterzuentwickeln. Dies ist ein Bereich, der in der bisherigen Forschung noch wenig Aufmerksamkeit erhalten hat und weitere Untersuchung verdient.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass diese intensive zweijährige Betreuung der Lehrkräfte zu einem gewissen Umdenken und einem Kompetenzzuwachs geführt hat. Insbesondere die Lehrpersonen aus dem TTG-Bereich haben sich teils erstmals mit modernen technischen Tools, Programmen und der Programmierung vertraut gemacht und fühlten sich am Ende fähig, diese selbstständig mit ihren Klassen zu erproben. Es wurde aber auch deutlich, dass sich die Lehrpersonen vor allem bei bisher unbekanntem Tools eine intensivere Betreuung und Anleitung wünschen und zu diesem Zweck ein 3½-stündiger Einführungskurs als nicht ausreichend angesehen wird.

7. Ausblick

In weiterer Folge werden seit Frühjahr 2023 weitere Vertiefungskurse angeboten, darunter «1x1 3D-Druck» und «Physical Computing», um auch den Fachbereich «Natur, Mensch und Gesellschaft (NMG)» mit projektorientierten Ansätzen z. B. zu *Messen und Sammeln von Daten* anzusprechen.

Im Frühjahr 2023 wurde ebenso ein Raum an der PH Zürich als Makerspace eingerichtet, der Studierenden, Lehrpersonen und Klassen zur Verfügung stehen wird. Viele der beteiligten Lehrpersonen möchten auch an ihrer eigenen Schule einen Makerspace einrichten und stehen vor ähnlichen Herausforderungen. Mit den

¹⁵ PH Zürich-Open-Ilias: <https://tiny.phzh.ch/makingkurs-grundlagen>.

Erfahrungen, die wir bei der Planung des Makerspaces sammeln, können wir die Lehrpersonen bei ihren Projekten gezielt unterstützen und zusätzliche Beratungskonzepte im Bereich des Makings anbieten.

Literatur

- Allert, Heidrun und Christoph Richter. 2011. «Designentwicklung. Anregungen aus Designtheorie und Designforschung». In *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T)*, herausgegeben von M. Ebner & S. Schön, 14. BIMS e. V.
- Amerhaider Nuar, Ahmad Najmi, Abd Rozan, und Mohd Zaidi. 2019. «Benefits of Computational Thinking in Entrepreneurship». 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICRIIS48246.2019.9073671>.
- An, Heejung, und Ellen Pozzi. 2018. «Developing a Makerspace as a Vehicle for Partnership Building: The Role of Teacher Education Programs in Guiding Teachers, Librarians, and Communities». *STEAM 3 (2)*: 1–15. <https://doi.org/10.5642/steam.20180302.12>.
- Angeli, Charoula und Michail Giannakos. 2020. «Computational thinking education: Issues and challenges». *Computers in Human Behavior*, 105: 106185. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>.
- Becker, Sandra, und Michele Jacobsen. 2020. «Becoming a Maker Teacher: Designing Making Curricula That Promotes Pedagogical Change». *Frontiers in Education 5*. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00083>.
- Bevan, Bronwyn, Jean J. Ryoo, Aaron Vanderwerff, Karen Wilkinson, und Mike Petrich. 2020. «I see students differently»: Following the lead of maker educators in defining what counts as learning». *Frontiers in Education 5*: 121. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00121>.
- Blikstein, Paulo, und Dennis Krannich. 2013. «The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research». *Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children*. 613–616, <https://doi.org/10.1145/2485760.2485884>.
- Blikstein, Paulo, und Marcelo Worsley. 2016. «Children are not hackers: Building a culture of powerful ideas, deep learning, and equity in the maker movement». In *Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children*. 64–79. <https://doi.org/10.4324/9781315726519-5>.
- Boyatzis, Richard E. 1998. «Transforming Qualitative Information». In *Thematic analysis and code development*. Case Western Reserve University, USA: sage.
- Braun, Virginia, und Victoria Clarke. 2013. *Successful Qualitative Research*. London: SAGE.
- Buechley, Leah, Nwanua Elumeze, und Michael Eisenberg. 2006. «Electronic/computational textiles and children's crafts». In *Proceedings of the 2006 conference on interaction design and children*, 49–56. <https://doi.org/10.1145/1139073.1139091>.
- Caena, Francesca, und Christine Redecker. 2019. «Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for Educators (Digcompedu)». *European Journal of Education 54 (3)*: 356–69. <https://doi.org/10.1111/ejed.12345>.

- Chen, Aqua und Yu-Cheng, Lin. 2017. «Girls in robot class: Smart textiles interactive tool-kits to enhance the participatory of women in technology». In *International conference on learning and collaboration technologies*, 134–47. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58515-4_11.
- Cooper, Alan. 2004. «The origin of personas». *INNOVATION* 23 (1): 26-29.
- Digitale Schule. 2019. «Mit der Elevator Pitch-Methode Schüler/innen kompetent auf das Bewerbungsgespräch vorbereiten». <https://digitale-schule.blog/unterrichtskonzepte/deutsch-fremdsprachen-unterrichtskonzeption-zum-bewerbungs-interview-elevator-pitch/>.
- Euler, Dieter. 2014. «Design-Research – a paradigm under development». In *Design-Based Research*, herausgegeben von D. Euler & P. F. E. Sloane, 15–44. Franz Steiner.
- European Commission. 2022. «Projects and studies on entrepreneurship education». https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/supporting-entrepreneurship/entrepreneurship-education/projects-and-studies-entrepreneurship-education_en.
- Ford, Simon, und Tim H. W. Minshall. 2019. «Where and How 3D Printing Is Used in Teaching and Education». *Additive Manufacturing*. <https://doi.org/10.17863/CAM.35360>.
- Garzi, Manuel, Simon Herfti, Marcel Jent, und Dorit Assaf. 2019. «Making macht Schule | Ein Framework mit fünf Dimensionen für die Umsetzung von Making-Aktivitäten in der Praxis». https://www.phsg.ch/sites/default/files/download/2021/Themenheft_Making_macht_Schule_Version1_0_PHSG_web.pdf.
- Grandl, Maria, Hannah Bunke-Emden, Danilo Dietsch, Martin Ebner, Kristin Narr, Anna Schaffert, und Sandra Schön. 2024. «Maker Days for Kids: Durchführungen und Varianten im Überblick». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56: 281–313. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.25.X>.
- Groeger, Daniel, und Jürgen Steimle. 2019. «Lasec: Instant fabrication of stretchable circuits using a laser cutter.» In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300929>.
- Gursch, Sarina, Vesna Krnjic, Katja Urak, Michael Herold, und Wolfgang Slany. 2021. «How to encourage girls to code through embroidery patterns». In *ICGR 2021 4th international conference on gender research* 122. <https://doi.org/10.34190/IGR.21.041>.
- Hughes, Janette, Jennifer A. Robb, Michelle Schira Hagerman, Jennifer Laffier, und Megan Cotnam-Kappel. 2022. «What makes a maker teacher? Examining key characteristics of two maker educators». *International Journal of Educational Research Open* 3 (Januar): 100118. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100118>.
- Iivari, Netta, Tonja Molin-Juustila, und Marianne Kinnula. 2016. «The future digital innovators: empowering the young generation with digital fabrication and making». In *Proceedings of the Conference on Information Systems*. 1-18. <https://aisel.aisnet.org/icis2016/DigitalInnovation/Presentations/2>.
- Iversen, Ole S., Rachel C. Smith, Paolo Blikstein, Eva-Sophie Katterfeldt, und Janet C. Read. 2015. «Digital fabrication in education: Expanding the research towards design and reflective practices». *International Journal of Child-Computer Interaction* 5: 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2016.01.001>.

- Jahn, Dirk. 2014. «Durch das praktische Gestalten von didaktischen Designs nützliche Erkenntnisse gewinnen: Eine Einführung in die Gestaltungsforschung». *Wirtschaft und Erziehung* 66: 3–15.
- Kafai, Yasmin, Gayithri Jayathirtha, Mia Shaw, und Luis Morales-Navarro. 2021. «Codequilt: Designing an hour of code activity for creative and critical engagement with computing». *Interaction design and children*, 573–76. <https://doi.org/10.1145/3459990.3465187>.
- Koehler, Matthew J., Punya Mishra, Kristen Kereluik, Tae S. Shin, und Charles R. Graham. 2014. «The technological pedagogical content knowledge framework». In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, herausgegeben von J.M. Spector et al., 101–11. Springer Science+Business Media New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9.
- Lehrplan 21. 2019. «Medien und Informatik – einleitende Kapitel». https://zh.lehrplan.ch/lehrplan_printout.php?e=1&fb_id=10.
- Lewins Ann, und Christina Silver. 2007. *Using software in qualitative research*. Los Angeles: Sage.
- Martin, Lee. 2015. «The promise of the maker movement for education». *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)* 5 (1), 4. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2021. *Making im Schulalltag. Konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2019. *Von der Idee zum MakerSpace: ein partizipatives Experiment an der Primarschule Thayngen*. In *Chance Makerspace: Making trifft auf Schule*, herausgegeben von Selina Ingold, Björn Maurer und Daniel Trüby, 191–217. München: kopaed. <https://doi.org/10.57668/phtg-000169>.
- Merkouris, Alexandros, Kostantinos Chorianopoulos, und Achilles Kameas. 2017. «Teaching programming in secondary education through embodied computing platforms: Robotics and wearables». *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 17 (2), 1–22. <https://doi.org/10.1145/3025013>.
- Novak, E., M. Brannon, M. R. Librea-Carden, und A. L. Haas. 2021. «A Systematic Review of Empirical Research on Learning with 3D Printing Technology». *Journal of Computer Assisted Learning* 37 (5): 1455–78. <https://doi.org/10.1111/jcal.12585>.
- Peppler, Kylie, Erica Halverson, und Yasmin B. Kafai. 2016. *Makeology: Makerspaces as learning environments*. Vol. 1. Routledge.
- Petko, Dominik, Beat Döbeli Honegger, und Doreen Prasse. 2018. «Digitale Transformation in Bildung und Schule: Facetten, Entwicklungslinien und Herausforderungen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung». *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 36 (2): 157–74. <https://doi.org/10.25656/01:17094>.
- Schad, Michael, und Monty Jones. 2020. «The Maker Movement and Education: A Systematic Review of the Literature». *Journal of Research on Technology in Education* 52 (1): 65–78. <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1688739>.




- Schifferle, Tobias. M., und Nina Kollegger. 2021. «Enabling Agile Rapid Product Development in K12 Classrooms by Enhancing an Educational Exoskeleton». In *FabLearn Europe / MakeEd 2021 – An International Conference on Computing, Design and Making in Education*, 1–3. FabLearn Europe / MakeEd 2021. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3466725.3466768>.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2020. «Ziele von Makerspaces – Didaktische Perspektiven». In *Lernwelt Makerspace – Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Heinzl, V., Seidl, T. & Stang, R. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-004>.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr. 2021. «Digitales kreatives Gestalten mit Kindern und Jugendlichen in Makerspace-Settings: Hintergrund und methodische Umsetzung». In *Handbuch Lernen mit digitalen Medien*, herausgegeben von G. Brägger & H.-G. Rolf, 514–35. Weinheim: Beltz.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Swapna Kumar. 2014. «The Maker Movement. Implications of new digital gadgets, fabrication tools and spaces for creative learning and teaching». In *eLearning Papers* 39. <https://core.ac.uk/download/pdf/53025419.pdf>.
- Spieler, Bernadette, Tobias M. Schifferle, und Manuela Dahinden. 2022a. «Exploring Making in Schools: A Maker-Framework for Teachers in K12». In *6th FabLearn Europe / MakeEd Conference 2022 (FabLearn Europe / MakeEd 2022)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 7, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3535227.3535234>.
- Spieler, Bernadette, Schifferle, Tobias M. und Dahinden, Manuela. 2022b. «The «Making at School» Project: Planning Interdisciplinary Activities». In *Proceedings of the 27th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* Vol. 2 (ITiCSE '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 624. <https://doi.org/10.1145/3502717.3532150>.
- Spieler, Bernadette, Libora Oates-Induchovà, und Wolfgang Slany. 2020a. «Female Teenagers in Computer Science Education: Understanding Stereotypes, Negative Impacts, and Positive Motivation». *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*. 26 (5). 473-510. <https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2020028567>.
- Spieler, Bernadette, Vesna Krnjic, Wolfgang Slany, Karin Horneck, und Ute Neudorfer. 2020b. «Design, Code, Stitch, Wear, and Show It! Mobile Visual Pattern Design in School Contexts». *Frontiers in Education (FIE)*. 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274120>.
- Spieler, Bernadette, Grandl, Maria und Krnjic, Vesna. 2020c. «The hAPPy-Lab: A Gender-Conscious Way To Learn Coding Basics in an Open Makerspace Setting». In *CEUR Workshop Proceedings*. RWTH Aachen, 64-75. <https://ceur-ws.org/Vol-2755/paper6.pdf>.
- Wolz, Ursula, Michael Auschauer, und Andrea Mayr-Stalder. 2019. Code crafting with turtles-titch. *Acm siggraph 2019 studio*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3306306.3328009>.
- Yamaoka, Junichi, Ryuma Niiyama, und Yasuaki Kakehi. 2017. «BlowFab: rapid prototyping for rigid and reusable objects using inflation of laser-cut surfaces». In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 461–69. <https://doi.org/10.1145/3126594.3126624>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Integration der Maker Education in die Lehramtsausbildung – das Digitallabor der Universität Osnabrück

**Aufbau und konzeptionelle Weiterentwicklung eines Makerspaces mit
Blick auf die Anbahnung von Digitalkompetenz bei Lehramtsstudierenden**

Alina Stolzenburg¹, Alexander Beste¹ , Alexander Piwovar¹, Katharina Schurz¹  und
Tobias Thelen¹ 

¹ Universität Osnabrück

Zusammenfassung

Der folgende Beitrag stellt das Konzept eines universitätsweiten Digitallabors der Universität Osnabrück vor, das in seinem Aufbau an Makerspaces und Fablabs angelehnt ist, insbesondere Lehramtsstudierende bei der Entwicklung von Digitalkompetenz fördert und Impulse für die Verwirklichung innovativer Lehr- und Lernsettings liefert. Es handelt sich um einen offenen Lernort mit mehreren Räumen für selbstorganisiertes Lernen, z. B. einem Maschinenpark sowie Podcast- und Videostudios. Da in Bezug auf Kompetenzentwicklungsmodelle, die die Anbahnung von Digitalkompetenz bei angehenden Lehrer:innen modellieren, eine Forschungslücke besteht, werden derzeit auf Basis von DigComp und DigCompEdu curriculare und extracurriculare Angebote im Digitallabor konzipiert, die der Zielgruppe den intrinsisch motivierten Zugang und das Entwickeln eines sich durch Digitalkompetenz auszeichnenden Profils ermöglichen sollen. Parallel zum Lernen vor Ort vermitteln praxisvorbereitende extracurriculare Online-Selbstlernmodule grundlegendes Technikwissen, wie am Beispiel des 3D-Drucks gezeigt wird. Der curriculare Ansatz basiert auf einem didaktischen Methodenmix inkl. eines E-Portfolios. Die Lernbegleiter:innen schaffen in Anlehnung an das Cognitive Apprenticeship-Modell einen geeigneten Rahmen, um authentische Probleme mit Lebensweltbezug im Sinne situierten Lernens abzubilden und intrinsische Motivation zu erzeugen. Ziel des Digitallabors ist es, so die Anbahnung von Digitalkompetenz in die Erfahrungswelt der Lernenden zu implementieren und Transferprozesse für spätere Herausforderungen anzustossen.

Integration of the Maker Education into Teacher Training – The Digital Laboratory at Osnabrück University. Establishment and Conceptual Further Development of a Makerspace with Regard to Initiating Digital Competence among Teacher Training Students

Abstract

The following article presents the concept of the university-wide digital laboratory at Osnabrück University, which is based on the concepts of Makerspaces and Fablabs. The aim is to support student teachers, particularly in the development of digital literacy, by providing impulses for the realization of innovative teaching and learning scenarios. The Digitallabor is an open learning space with several rooms for self-organized learning, e.g., a machine park, a podcast studio and a video studio. Since there is a research gap in terms of digital literacy development models among student teachers, curricular and extracurricular courses are currently being designed based on DigComp and DigCompEdu to enable the target group to gain intrinsically motivated access and to develop a profile characterized by digital literacy. Parallel to on-site learning, extracurricular online self-learning modules provide basic technology knowledge, e.g., in terms of 3D-printing. The curricular approach is based on a didactic mix of methods, including an e-portfolio. Based on the Cognitive Apprenticeship Model, the learning guides create a suitable framework for depicting authentic problems in connection with everyday life in the sense of situated learning and generating intrinsic motivation. The goal of the Digitallabor is to implement the introduction of digital literacy into the learners' working and living environment and to initiate transfer processes for later challenges.

1. Einleitung

Hochschulen sind aufgefordert, zukünftige Lehrpersonen als wichtige Multiplikator:innen für zukünftige Schüler:innengenerationen in der Entwicklung digitalisierungsbezogener Kompetenzen zu fördern (KMK 2016). Neben Wissen über die Nutzung digitaler Medien und Werkzeuge ist auch eine entsprechende Einstellung und Haltung zum Einsatz dieses Wissens in Lehr-/Lernkontexten notwendig (bspw. dargestellt im DigCompEdu, Redecker 2017).

Die aus der Maker-Bewegung (Halverson und Sheridan 2014) hervorgegangenen Werkzeuge und Methoden sind für die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen in der Lehramtsausbildung von grossem Interesse. Sie bergen die Möglichkeit, neue, interdisziplinäre Formen des Kompetenzerwerbs der Schüler:innen kooperativ zu gestalten und neue didaktische Konzepte zu erproben.

An der Universität Osnabrück waren erste Maker-Ansätze schon vor 2020 in verschiedenen Fächern mit Lehramtsbezug wie etwa der Physik oder dem Textilen Gestalten vorhanden. Um eine flächendeckende Verankerung in allen Fachbereichen zu ermöglichen, wurde 2020 im Rahmen eines hochschuldidaktischen Innovationsprojekts mit dem Aufbau eines hochschulweiten *Digitallabors* begonnen.

Mit ca. 14.000 Studierenden handelt es sich bei der Universität Osnabrück um eine mittelgrosse Hochschule mit einem traditionell starken Lehramtsschwerpunkt. Da die Universität eine grosse Bandbreite an Lehramtsstudiengängen anbietet, bilden die Studierenden eine sehr heterogene Gruppe. Das Digitallabor versteht sich als nicht-exklusiver Raum, der allen Universitätsangehörigen und damit ausdrücklich allen Fachbereichen und Statusgruppen (Professor:innen, Mitarbeitenden und Studierenden) offensteht. Im Vergleich mit anderen Makerspaces an deutschen Universitäten ist er nicht spezifisch aus Studiengängen hervorgegangen, in denen Making, z. B. im Sinne von Prototypen- oder Modellbau, als Teil einer Fachkultur verstanden werden kann, sondern wurde im Rahmen eines hochschulweiten Projekts eingerichtet. Ebenso wenig besteht hier eine kommunale Anbindung wie bei Makerspaces, die öffentlichen Bibliotheken angegliedert sind, oder ein Bezug zu Existenzgründungsinfrastrukturen.

Das Digitallabor ist konzeptionell in seinem Aufbau an Makerspaces und Fablabs (Cavalcanti 2013) angelehnt: Studierende als Hauptzielgruppe können selbstbestimmt oder mithilfe fachlicher Anleitung verschiedene technische Geräte ausprobieren und für konkrete Anwendungszwecke nutzen. Die Verwendung des Begriffs «Labor» verweist auf den experimentellen Charakter der Einrichtung, wo sich jede:r in einem geschützten Raum selbst ausprobieren darf. Zusätzlich können sich Studierende vor ihrer individuellen Anwendung online und zeitsouverän in praxisvorbereitenden Selbstlerneinheiten, sogenannten *Mikromodulen*, Grundlagenwissen über im Digitallabor eingesetzte Geräte und Softwareanwendungen aneignen. Vor Ort im Digitallabor erhalten Studierende eine auf individuelle Vorerfahrungen angepasste Einführung in die Geräte und Softwareanwendungen.

Der vorliegende Beitrag geht der Frage nach, wie ein solches Digitallabor zur Anbahnung von Digitalkompetenz von Lehramtsstudierenden beitragen kann. Er beschreibt exemplarisch, wie die Universität Osnabrück die Integration der *Maker Education* konzeptionell umsetzt und nimmt damit insbesondere die theoretische Fundierung, die technische Ausstattung, die didaktische Implementierung und die individuellen Erfahrungen im Prozessverlauf in den Blick.

2. Theoretischer Bezugsrahmen

Um den Beitrag des Digitallabors zur Kompetenzanbahnung von angehenden Lehrpersonen einordnen zu können, gibt dieses Kapitel einen kurzen Überblick über relevante Begrifflichkeiten, Modelle und zugrundeliegende didaktische Konzepte.

2.1 Digitalkompetenz

Lehrpersonen sind spätestens nach der Covid-19-Pandemie damit konfrontiert, ihr Lehrhandeln auch in und mit digitalen Umgebungen stattfinden zu lassen. Die dafür notwendigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen – die nach Ferrari (2012) unter dem Begriff der *Digitalkompetenz* zusammengefasst wurden – helfen, ihr Lehrhandeln an den sich verändernden Kontext anzupassen. Digitalkompetenz befähigt Individuen, Aufgaben zu bewältigen, Probleme zu lösen, zu kommunizieren, Informationen zu managen, zusammenzuarbeiten, Content zu entwickeln und zu teilen, Wissen effektiv, effizient, kritisch, ethisch und flexibel, autonom und reflektiert für Arbeit sowie Freizeit zu lernen und gesellschaftliche Teilhabe aufzubauen (vgl. Ferrari 2012, 3f.). Im Hochschulumfeld umfasst Digitalkompetenz eine Vielzahl von akademischen und beruflich relevanten Aktivitäten, die durch sich laufend verändernde Technologien unterstützt werden (Holdener, Bellanger, und Mohr 2016).

Im Lehramtsstudium können und müssen die digitalen Inhalte der späteren fachspezifischen Handlungsfelder sowohl zum Gegenstand des Lernens als auch zum Inhalt medienkritischer, -gestalterischer, -technischer und -kundlicher Frage- und Aufgabenstellungen werden – auch in extracurricularen Angeboten. Nur so wird es angehenden Lehrpersonen möglich sein, Digitalkompetenz bei Schüler:innen anzubahnen (vgl. Friese 2021, 39ff.).

Die Modellierung der Digitalkompetenz von Lehrpersonen in Form von allgemeingültigen Kompetenzrastern und -modellen ist vor dem Hintergrund der thematischen Komplexität eine wichtige Voraussetzung für die curriculare Umsetzung und strukturierte Anbahnung der Digitalkompetenz in der Lehrer:innenbildung (vgl. Sgolik, Ziegler, und Kirchhoff 2021, 23), die auch fächer- und phasenübergreifend erfolgen muss (vgl. ebd., 46). Analog zur Begriffsdefinition der Digitalkompetenz unterscheiden sich Kompetenzmodelle bspw. hinsichtlich ihres Zwecks, ihrer Zielgruppe, nach der Form des Kompetenzmodells, dem Konstruktionshintergrund oder der Reichweite (vgl. ebd., 32). Bezüglich der Nutzung eines theoretischen Rahmens, der die professionellen Handlungskompetenzen von Lehrpersonen im Kontext der Digitalisierung umfassend beschreibt und der empirisch abgesichert ist, besteht allerdings noch kein Konsens (Lorenz und Endberg 2019).

Im Rahmen dieses Beitrags erscheint die Betrachtung insbesondere des TPACK-Modells (Schmid und Petko 2020), DigComp (Vuorikari, Kluzer, und Punie 2022) und DigCompEdu (Redecker 2017) sowie des M³K-Modells (Herzige et al. 2016) und

DILBES-Modells (Stolzenburg et al. 2023) lohnenswert. Die Auswahl der genannten Modelle erfolgt aufgrund ihrer allgemeinen Bedeutsamkeit (TPACK, DigComp[Edu]) sowie der besonderen Passung des Modells im Hinblick auf die erste Phase der Lehrer:innenbildung (M³K-Modell, DILBES-Modell). In Bezug auf die Anbahnung von Digitalkompetenz im Digitallabor wären Kompetenzentwicklungsmodelle von herausgehobenem Interesse, die diesen Prozess modellieren. Allerdings stellt das Vorhandensein von Modellen dieser Art im Bereich der Digitalkompetenz Lehrender eine Forschungslücke dar.

Im Rahmen der Konzeptentwicklung für den Aufbau des Digitallabors in Anlehnung an einen Makerspace wurden an der Universität Osnabrück der DigComp (Vuorikari, Kluzer, und Punie 2022) sowie der DigCompEdu (Redecker 2017) zugrunde gelegt. Diese Setzung wurde vorgenommen, da es sich bei den auf die erste Phase der Lehrer:innenbildung ausgerichteten Modellen (M³K und DILBES) um noch nicht ausreichend empirisch untersuchte Modelle handelt bzw. das Testinstrument des M³K-Modells den Gütekriterien nicht zufriedenstellend genügt (vgl. Martin 2020, 81). Das DILBES-Modell bezieht sich ausserdem vorrangig auf das berufliche Lehramt. Das TPACK-Modell ist weit verbreitet, allerdings bleibt hier die Beschreibung der einzelnen Teilkompetenzen auf einer allgemeinen Ebene.

Der DigCompEdu eignet sich durch seine im Vergleich zum TPACK-Modell eher handlungsorientierte Perspektive (vgl. Sgolik, Ziegler, und Kirchhoff 2021, 45) gut als Bezug zu den theoretischen Grundlagen des Maker-Ansatzes (s. Kap. 2.2).

Der DigComp in der Version 2.2, also der europäische Referenzrahmen für Digitalkompetenz, richtet sich an alle Bürger:innen und ist somit nicht spezifisch für Lehrpersonen konzipiert worden. Es handelt sich um ein Kompetenzniveaumodell, welches mit dem Ziel konzipiert wurde, die Selbsteinschätzung der Digitalkompetenz zu nutzen und Digitalkompetenz im Rahmen des Europäischen Arbeitsmarktes nachzuweisen (Carretero, Vuorikari, und Punie 2017).

Der Kompetenzrahmen besteht aus fünf Bereichen, welche 21 Kompetenzen umfassen (vgl. Vuorikari, Kluzer, und Punie 2022, 4):

1. Information and data literacy,
2. Communication and collaboration,
3. Digital content creation,
4. Safety,
5. Problem solving.

Der Europäische Rahmen für die Digitale Kompetenz von Lehrpersonen (DigCompEdu) stellt die notwendige bildungsspezifische Weiterentwicklung des DigComp dar und zeigt inhaltliche Verbindungen zum KMK-Strategiepapier (vgl. Sgolik, Ziegler, und Kirchhoff 2021, 31). Im *Monitor Digitale Bildung* zeigt sich, dass insbesondere Lehramtsstudierende im Gegensatz zu Studierenden anderer Fachdisziplinen

digitalen Medien gegenüber skeptisch eingestellt sind (Schmid, Goertz, und Behrens 2017). Somit muss neben dem DigCompEdu auch der grundlegendere DigComp als Kompetenzrahmen für die Digitalkonzeptentwicklung herangezogen werden, um auch etwaige fehlende Vorerfahrungen und Basiskompetenzen adressieren zu können.

Der DigCompEdu umfasst 22 Kompetenzen in sechs Kompetenzbereichen (Redecker 2017):

1. Berufliches Engagement,
2. Digitale Ressourcen,
3. Lehren und Lernen,
4. Evaluation,
5. Lernorientierung,
6. Förderung der digitalen Kompetenzen der Lernenden.

Darunter finden sich für das Digitallabor elementare Teilkompetenzen wie das Erstellen und Anpassen digitaler Ressourcen, kollaboratives Lernen, die Differenzierung und Individualisierung sowie die aktive Einbindung der Lernenden. Da die Formulierung der Kompetenzen auf bereits im Bildungsbereich tätige Lehrpersonen ausgerichtet ist, müssen sie allerdings auf die Lernziele für die erste Phase der Lehrer:innenbildung heruntergebrochen werden.

Im Digitallabor sollen intrinsisch motivierte Lehramtsstudierende die Möglichkeit erhalten, im Zugriff auf ein extracurriculares, weniger reglementiertes Angebot ein eigenes digitalkompetentes Profil zu entwickeln.

Diese Modellierung von Digitalkompetenz wird dem Konzept des Digitallabors auf der Zielebene zugrunde gelegt. Die Frage der Umsetzung dieser Modellierung im Rahmen didaktischer Konzepte und Methoden wird im Folgenden erläutert.

2.2 Didaktische Implikationen für ein Digitallabor

Das Digitallabor der Universität Osnabrück als Lernort mit digitalen Selbstlernangeboten, fachlicher Beratung und fundierter Lernbegleitung versteht sich als Ort, an dem Konzepte und Methoden im Sinne des Digitalkompetenzerwerbs erprobt und auf das spätere Lehrhandeln übertragen werden können. Sein Konzept orientiert sich am *Cognitive Apprenticeship*-Modell nach Collins (1991), dem ein Meister-Schüler-Verhältnis zugrunde liegt. Lernende werden nach anfänglicher Lernbegleitung an die eigene Selbstständigkeit herangeführt. Grundlegendes Wissen und Verhalten sowie Fähigkeiten sollen so erworben und selbst gesteuert sowie selbst kontrolliert genutzt werden (vgl. Strittmatter 2000).

Die Methode ist durch vier aufeinander aufbauende Phasen gekennzeichnet. Die erste Phase, das *Modeling* (Vorführen), umfasst das Bereitstellen der grundlegenden Informationen als Vorstufe für die Praxis.

Die demonstrative und im Weiteren selbstständige Durchführung der Arbeitsschritte stellt die zweite Phase dar, das *Scaffolding* (begleitete Durchführung). Diese Phase bildet das Gerüst, das den Lernprozess in einem geschützten Rahmen stützt.

Im *Fading* (Reduktion der Hilfestellung) ziehen sich die Lernbegleiter:innen zurück und reduzieren mit zunehmenden Kompetenzerwerb der Lernenden ihre Hilfestellung.

In der vierten Phase, dem *Coaching* (Beobachtung) greifen die Lernbegleiter:innen nur selten ein und überwachen die Arbeitsschritte der Lernenden. Diese Phase bietet den Lernenden die Möglichkeit, ihren eigenen Lernprozess in drei Schritten selbstreflektiert zu hinterfragen.

«Im Schritt der Artikulation soll das erworbene Wissen benannt werden. Die Reflexion [...] dient dem Bewusstwerden und der Bewertung des Gelernten. Im letzten Schritt, der «Exploration», agiert der Lernende ohne Hilfe des Experten.» (Stangl 2011)

In der Umsetzung ist dieses Vorgehen weniger hierarchisch angelegt als es zunächst erscheint. Dass Gelerntes lediglich nachahmend umgesetzt wird, kann umgangen werden, indem das Cognitive-Apprenticeship-Modell um andere Lehr-Lern-Methoden ergänzt wird, die stärker das selbstgesteuerte Lernen mit intrinsischer Motivation fokussieren.

Die Definition von Kompetenzen als Selbstorganisationsdispositionen – also die Fähigkeit, in offenen Problem- und Entscheidungssituationen selbstorganisiert und kreativ zu handeln (vgl. Faix 2012, X) – stellt Lernende und Lernbegleiter:innen gleichermaßen vor didaktische Herausforderungen.

Im curricularen Setting können mit Lern- und Entwicklungsportfolios individuelle Lernfortschritte, aber auch offene Fragen und weiterführende Gedanken themenbezogen dokumentiert und reflektiert werden, was im Rahmen der Professionalisierung in der Lehrer:innenbildung als lernförderlicher Ansatz gilt (vgl. Schmidt 2022, 7). Die Aufgabe der Lernbegleiter:innen besteht darin, das Material für das selbstgesteuerte Lernen zu konzipieren, zur Verfügung zu stellen und die Lernenden bei seinem Einsatz zu beraten. Sie überprüfen Lernerfolge und regen durch ihr Feedback Prozesse der Selbstreflexion an (s. Kap. 4). Ein Methodenmix ist auch deshalb entscheidend, weil sich technische Voraussetzungen, strukturelle Anforderungen, Akteure und Situationen im steten Wandel befinden. Zielgruppen- und zukunftsorientierte Methoden anwenden zu können, bedeutet, Methoden zu kennen,

fortlaufend zu bewerten und mit der Cognitive-Apprenticeship-Methode kombinieren zu können. Diese ist zwar notwendig und grundlegend, aber alleine nicht ausreichend (Reich 2007).

Tulodziecki und Herzig (2004) konstatieren, dass es sinnvoll und folgerichtig erscheint, an der Lebens- und Lernsituation der lernenden Individuen anzusetzen und möglichst authentische komplexe Probleme für den Lehr-Lernprozess zu formulieren. Die *Maker Education* bietet somit einen geeigneten Rahmen für einen Methodemix, da sie authentische Probleme und Lebensweltbezug im Sinne eines situiereten Lernens abbilden und intrinsische Motivation erzeugen kann.

Die Idee ist es dabei, Ziele der Lernenden im gemeinsamen Prozess zu definieren und iteratives, experimentelles und selbstgesteuertes Problemlösen zu ermöglichen.

Die Maker Education verfolgt zwei wesentliche Ziele (Schön, Ebner, und Narr 2016):

1. Didaktisch-methodisch ein Lernen «wie in einem Makerspace» zu ermöglichen, d. h. ein offenes Lernsetting zu schaffen, welches interessengeleitete Arbeit an konkreten Projekten erlaubt.
2. Ein Lernen zu ermöglichen, in dem unter anderem digitale Technologien sowie der Austausch und die Kooperation zwischen den Akteur:innen eine wichtige Rolle spielen.

In einem Makerspace übernehmen Akteur:innen Verantwortung für die Problemlöseprozesse und können diese gegenüber sich selbst und anderen verantworten. Als Lernort

«stellen Maker Spaces Orte des kreativen gemeinschaftlichen Schaffens und die Keimzelle innovativer Ideen und Produkte dar. Maker/innen treffen dort aufeinander und realisieren ihre eigenen Projekte in einem kollaborativen und kreativen Umfeld mit Hilfe von Fertigungstechnologien» (Ismer und Mietzner 2019, 80).

Durch die Zielsetzung der Lernenden wird das Verständnis von Zweck, Nutzung und Steuerung digitaler Technik weniger als Lerngegenstand, sondern stärker als Mittel zur Zielerreichung verstanden. Früh forderten Baacke et al. (1999) ein Verständnis von Medienkompetenz, das das kritische Hinterfragen und Ausloten von Grenzen gängiger Technologien beinhaltet. Die intrinsisch motivierte Nutzung der digitalen Werkzeuge im Makerspace kann als *inzidentelles Lernen*, also beiläufige Wissensaneignung verstanden werden, die eine positive Fehlerkultur beinhaltet. Die Lernbegleiter:innen übernehmen dabei eine besondere Verantwortung, denn sie müssen den sicheren Betrieb der Gerätschaften gewährleisten, aber den Lernenden

ausreichend Freiraum geben, um an Fehlern zu lernen. Eben jene erlernten Kompetenzen und erlebten Situationen tragen dazu bei, dass die Studierenden selbst zukünftig als souveräne Lernbegleiter:innen agieren können.

Cognitive Apprenticeship und Maker Education verweisen in diesem Zusammenspiel parallel auf einen Mix aus Methoden, um den Digitalkompetenzerwerb zu ermöglichen und um Lehramtsstudierende auf ihre Rolle als Multiplikator:innen vorzubereiten. Je nach Fachinteressen und -kultur eignen sich verschiedene Methoden für die Integration in die Lehramtsausbildung. Eine ausführliche Betrachtung führt hier zu weit, jedoch lassen sich exemplarisch Methoden nennen, welche interdisziplinär die Fächerbedarfe adressieren.

- Forschendes Lernen forciert das anwendungsbezogene, kollaborative Lernen unter Verwendung innovativer Technologien im kreativen Raum.
- Problem-Based Learning nach Barrows (vgl. Reich 2007) greift als Lernform auf die Impulse zurück, die vom Problemlösungsprozess ausgehen, um Lernende intrinsisch motiviert an Produktionsverfahren mit neuen Medien und Werkzeugen heranzuführen. Im Sinne der Maker Education kann hier sowohl Einzel- als auch Gruppenarbeit dazu beitragen, grundlegende Kompetenzen in den Bereichen Kollaboration, Kommunikation, Kreativität und kritisches Denken auszubilden.
- Design Thinking im Verständnis von Allert und Richter (vgl. 2011, 7) eignet sich mit Blick auf die besondere Nutzerfokussierung für den multidisziplinären Einsatz. Die Lernenden fokussieren Zielgruppen und müssen schon zu Beginn eine empathiegeleitete Perspektive einnehmen. Eine Aufgabenstellung kann zum Beispiel so gewählt werden, dass Studierende ein Lehr-Lernkonzept entwickeln, das digitale Technologien inkludiert. Hierzu erproben sie zunächst selbst die Nutzung, Steuerung und Bedienung der Gerätschaften von der Datenaufbereitung bis zu Produktion. Sie übertragen dies in ihr Lehrkonzept und überführen es in eine Testphase.

Kapitel 3 beschreibt die Operationalisierung der hier geschilderten theoretisch-methodischen Konzepte im Digitallabor und greift dabei insbesondere das Beispiel des Führerscheins für den 3D-Drucker auf.

3. Das Digitallabor der Universität Osnabrück

Das Digitallabor der Universität Osnabrück bietet allen Angehörigen dieser Universität einen Ort, um ihre Kreativität und Kompetenz im Zeitalter der Digitalisierung zu erkennen und zu stärken. Das Angebot umfasst die kostenlose Nutzung neuartiger Technik, die praktische Anwendung digitaler Programme zur Gestaltung digitaler und physischer Objekte sowie das begleitete Kennenlernen der Geräte und ihrer Möglichkeiten, auch ohne Vorerfahrung.

Die unterschiedlichen Nutzungsszenarien des Labors werden in einem inkrementellen Prozess weiterentwickelt. Eine eindeutige Zuordnung – beispielsweise anhand einer der drei didaktischen Perspektiven von Makerspaces nach Schön und Ebner (2020) – lässt sich nicht trennscharf vornehmen. Das Digitallabor nimmt Anleihen bei allen drei von den Autor:innen identifizierten Varianten, die sich unweigerlich verzahnen, wie hier kurz ausgeführt wird. Schnell etabliert hat sich die Nutzung als informeller, eigentlich didaktikfreier, individueller Lernraum mit starken Peer-Learning-Tendenzen. Diesen intrinsisch motivierten Zugang erfassen die Autor:innen mit der ersten Perspektive. Parallel dazu wird – entsprechend der zweiten Perspektive – ein Experimentierraum für Maker Education aufgebaut, der die Zielgruppe der Lehramtsstudierenden anspricht. Getreu der dritten Perspektive nach Schön und Ebner (2020) wird auch die Zielgruppe der Lehrenden anvisiert, und zwar mit dem Ziel, den Makerspace als formellen Lernraum in der Lehre zu verankern. Hieraus resultiert das von Schön und Ebner (2020) benannte didaktische Paradoxon, dass Studierende diese stärker formalisierten Angebote möglichst nicht als Zwang erleben sollen. Die aktuellen Ansätze, dieser Herausforderung zu begegnen, werden in Kapitel 4 unter Bezug auf die Anbahnung von Digitalkompetenz bei Lehramtsstudierenden näher vertieft.

Ebenso variantenreich wie die genannten didaktischen Zugänge sind auch die nutzendenzentrierten Ausrichtungen von Makerspaces im Allgemeinen. Universitäre Makerspaces sind häufig fachkulturell geprägt und darauf ausgerichtet, einzelne Studiengänge spezifisch zu unterstützen bzw. in Kooperation mit ihnen entstanden (vgl. Späth, Seidel, und Heinzl 2019) – wie im Fall der Hochschule Magdeburg-Stendal, die ein psychologisches Labor und ein Designlabor im Bereich Industrial Design betreibt (Hochschule Magdeburg-Stendal 2023). Das Digitallabor der Universität Osnabrück verfolgt ein klares didaktisches Konzept, welches die Lehramtsausbildung interdisziplinär als Fachkultur betrachtet und im Folgenden dargestellt wird.

3.1 Einrichtung und Ausstattung des Digitallabors

Die Suche nach einem physischen Raum für das Digitallabor erwies sich als komplex. Das lag nicht nur an der blossen benötigten Raumgrösse, sondern auch an der Notwendigkeit, technische und infrastrukturelle Voraussetzungen für die Umsetzung eines hochfunktionalen Makerspaces zu erfüllen und ausserdem einen Ort zu finden, der für die Studierenden leicht zu erreichen ist. Der schliesslich für das Digitallabor gewonnene Raum (Grundriss in Abb. 1) wurde nach Baumassnahmen, die die technische Infrastruktur betrafen, unter anderem mit den folgenden Maschinen ausgerüstet:

- 3D-Drucker (verschiedene Modelle) [Prototypenerstellung aus Kunststoff]
- Diodenlaser und CO2-Laser-Cutter [Materialtrennung, Gravur]

- Druck- und Schneideplotter, Schneidemaschine [Folienbeschriftungen, Schablonenherstellung und Grossformatdrucke]
- Digitale Stick- und Nähmaschine
- Thermotransferpresse für Sublimationsdrucke [auf Textil, Keramik etc.]
- Vakuum-Tiefziehmaschine [z. B. Herstellen von Gussformen]
- Leistungsstarke PCs mit Software für die Erstellung von CAD- und Vektorzeichnungen als Produktionsvorstufe

Im Bereich der Audio- und Videoproduktion stehen ein grosses Aufnahmestudio mit Regie, ein One-Button-Studio für einfaches Self-Recording sowie mehrere Büros mit Videoschnittplätzen zur Verfügung. Hinzu kommt ein funktionales Podcast-Studio mit hochwertiger Mikrofonie, ergonomischem Mobiliar und angepasster Raumakustik.

Im Studio für Virtual- und Augmented Reality stehen eine physische Bewegungsplattform inkl. leistungsstarker Hard- und Software sowie mobile VR- und AR-Systeme für den Verleih bereit.

In der Werkstatt (separater *Mudroom*) kann mit einer CNC-Fräse sowie weiteren Hand- und Elektrowerkzeugen gearbeitet werden.

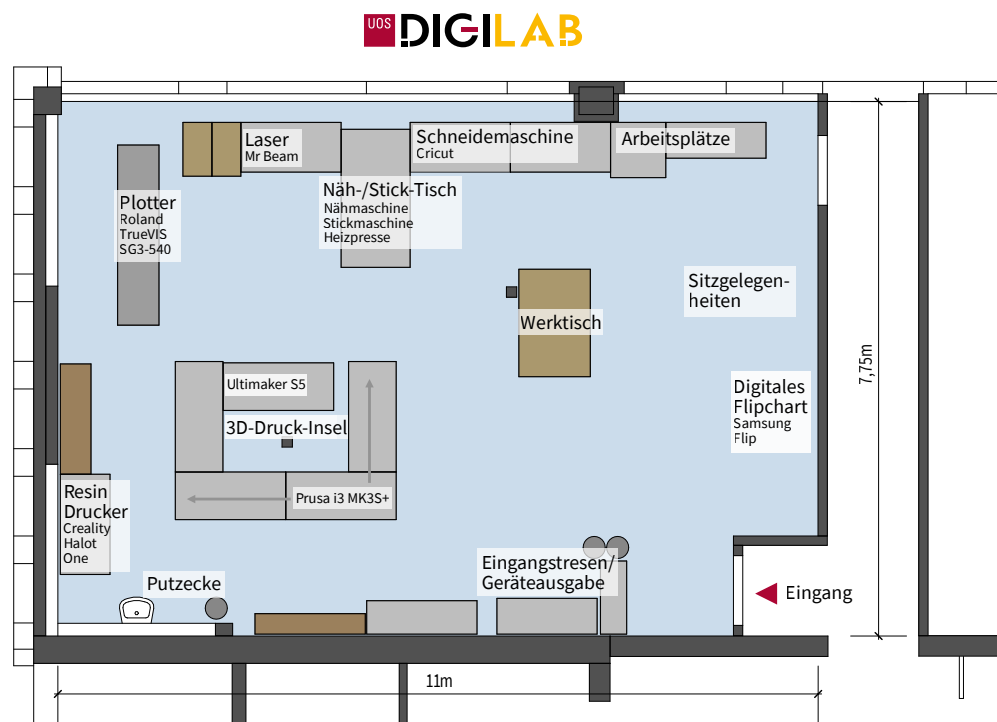


Abb. 1: Digitallabor-Grundriss mit Maschinen (Ersteller: Johannes Hanneken, Universität Osnabrück).

3.2 *Das Digitallabor als offener Lernort für selbstorganisiertes Lernen*

Den Studierenden soll gemäss der vorgestellten Konzeption interdisziplinäres und selbstgesteuertes, insbesondere situiertes und inzidentelles Lernen ermöglicht werden. Der Weg dorthin führt weg vom Frontalunterricht, hin zu offenen Aufgaben, die durch Unbestimmtheit, Experimentierfreude und Selbstwirksamkeit geprägt sind, um später auch bei anderen digitalen Aufgabenstellungen angstfrei und entdeckend vorgehen können.

Essenziell für die technologisch-inhaltliche Lernerfahrung, also die Erfahrung, wie Technologie verwendet werden kann und welche Möglichkeiten sie bietet, um neue Unterrichtsinhalte zu vermitteln, ist, dass die *Iteration* im Design Thinking verstanden wird: Das Erstellen physischer Objekte geht immer mit Material- und Produktionstoleranzen einher und bedarf immer wieder der Anpassung, Umgestaltung und Verbesserung, um schliesslich ein nutzbares Produkt entstehen zu lassen. Dies bedingt einen steten Wechsel zwischen den Phasen Prototyp bauen und Prototyp testen. Möglicherweise geht dies so weit, dass Problemfelder neu bewertet und neue Ideen entwickelt werden. Technologisch geben die Lernbegleiter:innen so viel Orientierung wie nötig, nehmen eine offene Haltung ein und ermutigen zur Exploration. Bei Studierenden des Lehramts zielt diese Haltung insbesondere auf die Reflexion des Gelernten hinsichtlich didaktisch sinnvoller Anwendungsszenarien in ihren Fächern.

Parallel zum Lernen vor Ort wird durch praxisvorbereitende Online-Selbstlernmodule, sogenannte *Mikromodule*, grundlegendes Technikwissen vermittelt. Sie werden im nächsten Unterkapitel beschrieben.

3.3 *Mikromodule*

Die *Mikromodule* der Universität Osnabrück sind ein extracurricularer, informeller und niedrighschwelliger Ansatz, um Studierende gezielt bei der selbstregulierten Anbahnung individuell relevanter Kenntnisse und Kompetenzen zu unterstützen. Es handelt sich um interaktive multimediale Online-Selbstlernerheiten mit einer Bearbeitungsdauer von ca. 90 Minuten. Die Erwartung in Bezug auf das Digitallabor ist, interessierte Nutzer:innen auf einen einheitlichen Wissensstand zu den Möglichkeiten der Geräte und im Umgang mit ihnen zu bringen. Die thematische Ausrichtung der *Mikromodule* wurde auf der einen Seite in einem Austauschprozess mit Lehrenden und durch eine Bedarfserhebung unter Studierenden festgelegt. Auf der anderen Seite ergab sich ein ganz pragmatischer Bedarf zum Einstieg in die Ausstattung des Digitallabors. Alle *Mikromodule* sind innerhalb des Lernmanagementsystems der Universität frei abrufbar – für zeitsouveränes Bearbeiten im individuellen Lerntempo.

Lehrende können für sie relevante *Mikromodul*-Inhalte als Open Educational Resources (OER) ganz oder teilweise in ihre eigene Lehre integrieren und bei Bedarf inhaltlich anpassen. Enthalten sind interaktive Texte, Grafiken bzw. Abbildungen, Audiodateien und Videos sowie Selbsttests in Form von Quiz- und Transferaufgaben. Aufbau, Umfang und Inhalte des nachfolgend beschriebenen 3D-Druck-Mikromoduls zeigen exemplarisch, wie online zu den Digitallabor-Angeboten hingeführt wird.

Beispiel: Mikromodul «3D-Druck Führerschein (Filament)»

Umfang: Etwa 90 Minuten | Niveau: Einsteiger:innen

1. Willkommensseite mit Begrüßungsvideo, Funktionshinweisen und Lernzielen
2. Betonung der Relevanz: Voraussetzung für die selbstständige Maschinennutzung
3. Die ersten der insgesamt neun Kapitel liefern Erläuterungen und Erklärvideos mit Basiswissen: Arten, Funktionsprinzipien, Materialkunde u. v. m.
4. Weitere orientieren sich an im Digitallabor verfügbaren Maschinentypen und Materialien, z. B.: «Lerne die Sprache des 3D-Druckers»
5. Es wird durch den gesamten Prozess inkl. Vor- und Nachbereitung geführt
6. Konkrete Beispiele behandeln herstellbare Produkte und lösbare Probleme
7. Sicherheitseinweisung
8. Abschlussquiz

Das Mikromodul «Einführung in 3D-Design» mit CAD erweitert das 3D-Druck-Themenspektrum. Prozessorientiert betrachtet dient es der vorbereitenden Erstellung von Dateien, die den Druckern mittels SD-Karte übergeben werden können, wenn eigene Werkstücke erzeugt und nicht auf Dateien z. B. von Onlineplattformen zurückgegriffen werden soll. Die bereits fertiggestellten *Mikromodule* decken die von den Lernbegleiter:innen als vordringlich identifizierten Bedarfe der Zielgruppen im Rahmen von Geräteführerscheinen ab. Als relevanter Bestandteil der Zulassungsvoraussetzung zur Arbeit im Digitallabor werden sie basierend auf den vor Ort verfügbaren Geräten kontinuierlich erweitert und aktualisiert.

Die Digitallabor-Mikromodule setzen am *Vorführen* und der *begleiteten Durchführung* und damit an den ersten beiden Phasen des Cognitive-Apprenticeship-Modells an. Sie stellen den theoretischen Teil des Geräteführerscheins für die jeweilige Maschine dar. Das Absolvieren des Mikromoduls inkl. Abschlussquiz ist die Voraussetzung für den *Praxischeck* im Digitallabor. Während dieser Einführung kann seitens der Lernbegleiter:innen auf die individuellen Vorerfahrungen und die betreffende Maschine eingegangen werden. Hier können auch Fragen bezüglich weiterer Möglichkeiten im Digitallabor beantwortet werden. Ist auf diese Weise beispielsweise der 3D-Druck-Geräteführerschein in Theorie und Praxis absolviert, können die

im Labor vorhandenen 3D-Drucker selbstständig genutzt und kann in die weiteren Cognitive-Apprenticeship-Phasen *Reduktion der Hilfestellung* und *Coaching* übergegangen werden.

Zu betonen ist, dass für das Absolvieren der *Mikromodule* bislang keine Leistungspunkte vergeben oder vergleichbare Anreizsysteme geschaffen wurden, so dass die Relevanz für die Studierenden unmittelbar über die Inhalte herzustellen ist.

4. Der Beitrag des Digitallabors zur Anbahnung von Digitalkompetenz bei Lehramtsstudierenden

Das Digitallabor der Universität Osnabrück befindet sich zum Zeitpunkt dieses Beitrags noch im Aufbau. Daraus resultierend können in diesem Kapitel nur erste Beobachtungen und Konzepte in Bezug auf die erwartete Anbahnung von Digitalkompetenz bei Lehramtsstudierenden und damit der Beantwortung der Fragestellung skizziert werden.

Allgemein kann zwischen einem vom Individuum ausgehenden und einem veranstaltungsbezogenen Zugang unterschieden werden. Im Folgenden wird der Beitrag zur Kompetenzanbahnung bei Lehramtsstudierenden anhand dieser Zugänge verdeutlicht.

Der vom Individuum ausgehende Zugang zum Digitallabor stellt zurzeit die am häufigsten vorkommenden Anbahnung dar. Studierende, die das Digitallabor besuchen, tun dies häufig mit der intrinsischen Motivation, ein bestehendes Problem, resultierend aus ihrem Studium oder dem Privatbereich, lösen zu wollen. Einfache Beispiele für privat induzierte Anwendungen sind 3D-gedruckte Laptopständer oder Kopfhörerhalter. Im Fall von Studienprojekten aus den Fachbereichen werden regelmäßig VR-Brillen ausgeliehen und genutzt, z. B. für die Visualisierung von virtuellen Gegenständen, die mit 3D-Scannern oder 3D-Modellierungssoftware in Seminaren erstellt wurden. Die Studierenden lernen also überwiegend explorativ und intrinsisch motiviert anhand von Problemen mit Lebensweltbezug.

Die Nutzung der 3D-Drucker ist das derzeit häufigste Szenario im Digitallabor. Anhand der Produktion einer sogenannten Konsumpyramide durch Bachelorstudierende des Fachgebiets «Textiles Gestalten», nutzbar um Strategien für bewussteren Konsumententscheidungen (kaufen, leihen, tauschen) aufzuzeigen, lässt sich die erwartete Kompetenzanbahnung mit Verweis auf DigComp und DigCompEdu skizzieren. Die Studierenden ...

- suchen nach Informationen zur Problemlösung und filtern diesbezüglich digitalen Content (siehe DigComp 1.1; vgl. Vuorikari, Kluzer, und Punie 2022, 25)
- entwickeln und überarbeiten im Digitallabor digitalen Content (siehe DigComp 3.1, 3.2; vgl. ebd., 27ff.)

- schützen mithilfe der digitalen und persönlichen Einweisung ihre eigene Gesundheit beim Umgang mit den digitalen Anwendungen (siehe DigComp 4.3; vgl. ebd., 9)
- lösen technische Probleme mit den digitalen Anwendungen unter Anleitung der Mitarbeiter:innen des Digitallabors (siehe DigComp; vgl. DigComp 5.1; vgl. ebd., 43)
- nutzen die Technik des Digitallabors auf kreative Art und Weise, um Produkte herzustellen (vgl. DigComp 5.3; vgl. ebd., 47)
- reflektieren ihre eigene Digitalkompetenz und identifizieren bestehende Lücken (siehe DigComp 5.4; vgl. ebd., 49)

Ausserdem werden durch die Arbeit im Digitallabor verschiedene Kompetenzbereiche des DigCompEdu angesprochen. Einschränkend bleibt zu sagen, dass die Teilbereiche des DigCompEdu hier in der ersten Phase der Lehrer:innenbildung adressiert werden. Damit können sie noch nicht auf die tatsächliche Lehrtätigkeit bezogen werden, sondern bewegen sich auf Ebene der Kenntnis und der Reflexion. Die Studierenden ...

- wählen geeignete digitale Ressourcen für ihr Vorhaben aus (siehe DigCompEdu 2.1; vgl. Redecker 2017, 24)
- kreieren und modifizieren digitale Ressourcen (siehe DigCompEdu 2.2; vgl. ebd.)

Bei den genannten Kompetenzbereichen aus DigComp und DigCompEdu handelt es sich um auf Grundlage der konzeptionellen Überlegungen angenommene Kompetenzerwartungen, die je nach individuellen Voraussetzungen auf unterschiedlichen Niveaustufen stattfinden.

Der folgende veranstaltungsbezogene Zugang wurde erstmals im Sommersemester 2023 implementiert. Das Konzept wurde im Rahmen der Veranstaltung «Grundlagen des digitalen Lehrens und Lernens» im Bachelorstudiengang *Berufliche Bildung* umgesetzt, deren Kompetenzziele unter anderem Folgendes umfassen: «Die Studierenden ...

- ordnen Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht ein und übertragen Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung auf schulische und ausserschulische Kontexte unter Berücksichtigung inklusiver und heterogener Aspekte.
- präzisieren Medien ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen und begründen die Anwendung fachspezifischer digitaler Medien und Werkzeuge.
- identifizieren Medien und bestimmen Einsatzkontexte zur Unterstützung fachlicher Lernprozesse im Kontext der fachrichtungsbezogenen Anforderungen ...» (Universität Osnabrück 2021, 21).

Die Kompetenzziele der Veranstaltung weisen damit eine hohe Passung zu den bereits im Bereich des individuellen Zugangs angesprochenen Kompetenzbereichen des DigComp und DigCompEdu auf. Die Reflexion in Bezug auf die eigene Digitalkompetenz und die spätere Lehrtätigkeit wird durch die Veranstaltung selbst in den Vordergrund gestellt.

Die veranstaltungsbegleitende Studienleistung ist ein *E-Portfolio*. In diesem Kontext erhalten die Studierenden die zeitlich flexible Aufgabe, im Digitallabor z. B. VR-Brillen, Podcastaufnahmen oder 3D-Druck zu erproben. Anschliessend dokumentieren und reflektieren sie ihre Erfahrungen in Bezug auf ihren eigenen Kompetenzerwerb sowie die spätere Lehrtätigkeit, was anhand vorbereiteter Fragen sowie in einem freien Teil erfolgt.

5. Diskussion der Gelingensbedingungen für die nutzer:innenzentrierte Integration von Maker Education-Ansätzen in der Lehramtsausbildung

Die primären Herausforderungen für den Aufbau des Digitallabors liegen in der beständigen Weiterentwicklung unter Einbezug der Nutzenden, der Evaluation sowie in der darauf aufbauenden Schaffung von passenden Angeboten für die unterschiedlichen Fachbereiche und Institute der Universität Osnabrück.

Da es sich um einen explorativen Raum handelt, der darauf ausgelegt ist, an die Bedarfe und Anforderungen der verschiedenen Zielgruppen, insbesondere der Lehramtsstudierenden angepasst und stetig weiterentwickelt zu werden, sind verschiedene Massnahmen geplant, die Impulse zur evidenzbasierten Weiterentwicklung der pädagogischen Arbeit liefern sollen. Im Rahmen dieser Vorgehensweise liefern die Prinzipien des Design-Based Research (Reinmann 2005, 2014) einen methodologischen Rahmen mit wertvollen Hinweisen bzgl. der iterativen und partizipativen Erprobung, Evaluierung und sukzessiven Verbesserung einer Intervention – in diesem Fall des Digitallabors. Im Rahmen der Evaluationsmassnahmen werden das beschriebene Konzept sowie die dargelegten Aktivitäten auf ihre Wirksamkeit überprüft. Die regelmässige und mehrwellige Evaluation fokussiert u. a. die Qualifizierung von Lehramtsstudierenden an der Universität Osnabrück. Sie berücksichtigt die fachdidaktische und technische Expertise der Initiatoren und involvierten Lehrenden sowie die Bedürfnisse der nutzenden Studierenden. Die Analyse von Daten Spuren (z. B. Nutzendenstatistiken, Logfiles der Geräte, Bewegungsprofile der Studierenden) liefert ergänzende Hinweise zu den Arbeitsprozessen. Die aus der Evaluation gewonnenen Erkenntnisse dienen, neben der statistischen Datengewinnung, dem Rückschluss auf und der Verbesserung der Anbahnung der Digitalkompetenz von Lehramtsstudierenden sowie der Steigerung der Lehrqualität durch die fachdidaktische Integration der Qualifizierungsangebote.

Eine geplante regelmässige *Kurzbefragung von Nutzenden* sowie die Durchführung von *Fokusgruppen mit Studierenden* bieten die Möglichkeit, sowohl Rückmeldungen über die Zufriedenheit mit dem Angebot und der Betreuung des Digitallabors zu erhalten als auch Impulse für dessen künftige Ausrichtung an den Bedarfen insbesondere von Lehramtsstudierenden zu bekommen, um damit eine partizipative Weiterentwicklung des Digitallabors zu ermöglichen.

Um Rückschlüsse auf die Digitalkompetenz ziehen zu können, bieten sich mehrstufige Nutzer:innenbefragungen an. In der aktiven Nutzung des Digitallabors bedarf es der Beobachtung der Arbeitsprozesse anhand von standardisierten Beobachtungsbögen. Ein regelmässiger *Arbeitskreis* – bestehend aus Mitarbeitenden des Digitallabors und Lehrenden verschiedener Fachrichtungen mit Lehramtsbezug – gibt von Beginn an Hinweise zur pädagogisch-didaktischen Gestaltung der technischen Ausstattung, der pädagogischen Begleitung sowie der Ausgestaltung der Mikromodule. Eine Auslagerung eben dieser konzeptionellen Überlegungen bspw. an Serviceeinrichtungen der Universität ist aufgrund der Limitierung der zeitlichen und personellen Ressourcen des Digitallabors zu empfehlen.

Die Mikromodule, die sich momentan noch in der Pilotphase befinden, werden durch einen *Online-Feedbackbogen* evaluiert, der allen Teilnehmenden am Ende der Kursdurchführung vorgelegt wird. Die Rückmeldungen ermöglichen eine gegebenenfalls notwendige Anpassung der Inhalte und des didaktischen Designs der Selbstlerneinheiten. So legen nach ersten Ergebnissen die Studierenden Wert auf eine abwechslungsreiche und anschauliche Präsentation der Inhalte. Theorie- und Praxisteil sollten passend aufeinander abgestimmt sein. Noch unzureichend wird die Reflexion in Bezug auf die eigene Digitalkompetenz und den pädagogischen Nutzen erhoben. Diese reflexive Ebene kann bei Lehramtsstudierenden jedoch als zentral angesehen werden.

Insgesamt werden im Digitallabor zentrale Anknüpfungspunkte für das *Erleben der digitalen Realität als gestaltbare Realität* geschaffen. Viele Studierende haben bislang nie die Erfahrung gemacht, Werkzeuge und komplexere Abläufe an eigene Bedürfnisse anpassen zu können. Mithilfe des Digitallabors werden Angebote bereitgestellt, die positive digital-gestalterische Erfahrungen ermöglichen. Dabei steht die Anschlussfähigkeit an eigene Erlebnisse, Bedarfe und Herausforderungen im Vordergrund. In Bezug auf die benannten Herausforderungen wäre hier insbesondere der Austausch mit anderen Makerspaces (s. Kap. 3) mit ähnlicher Ausgestaltung von Interesse, um das Konzept des Osnabrücker Digitallabors weiterzuentwickeln.

6. Fazit und praktische Implikationen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die konzeptionellen Überlegungen zur Ausgestaltung des Digitallabors eine gute Passung zu bestehenden, relevanten Digitalkompetenzmodellen aufweisen. Hierdurch konnte ein theoriegeleiteter, begründeter Aufbau des Digitallabors erfolgen.

Um die Idee der Maker Education erfolgreich in die Schulen hineinzutragen, bedarf es der Multiplikator:innen. Die ersten Erfahrungen und das wachsende Interesse an den Angeboten des Digitallabors der Universität Osnabrück zeigen, dass mit einer Fokussierung auf die Lehramtsausbildung diesem bisherigen Mangel längerfristig entgegengewirkt werden kann.

Um das Leistungsspektrum des Digitallabors in Gänze auszuschöpfen, werden weitere Mikromodule entwickelt, die zunächst zur selbstständigen Nutzung und Bedienung aller Gerätschaften und Angebote befähigen und auf eingebundene Geräteführerscheine vorbereiten. Anschliessend gilt es, vertiefende Selbstlernangebote zu konzipieren, um den Kompetenzerwerb weiter zu steigern und das Portfolio über die Grundlagenangebote hinaus interessant zu gestalten.

In Kooperation mit den Fachdidaktiken gilt es, Lehr-Lernkonzepte zu entwickeln, die das Angebot des Digitallabors integrieren und den beschriebenen Digitalkompetenzerwerb in besonderem Masse adressieren. Diesbezüglich gilt es, vor allem eine lebendige Feedbackkultur anzuregen und zu etablieren. Die beschriebenen Anforderungen an innovative Lernkonzepte bieten multiperspektivische und multidisziplinäre Optionen, Lehramtsstudierende für den Einsatz digitaler Medien zu begeistern und sie zu befähigen, in ihrem zukünftigen beruflichen Umfeld Transferprozesse einzuleiten.

Zentral ist die Frage, wie sich Lernerfolge, Kompetenzerwerb und vor allem Verhaltensänderungen in weitgehend selbstgesteuerten Settings messbar machen lassen. Die bereits erwähnten und etablierten Evaluationsmassnahmen der Mikromodule liefern erste Hinweise, können die Handlungskompetenzen sowie die kognitiven und emotional-motivationalen Lernziele jedoch noch nicht umfassend abbilden.

Ein erstes Feedback auf Studierendenebene deutet an, dass Mehrwert in Gestalt von Leistungspunkten oder Zertifikaten für die erfolgreiche Absolvierung der Mikromodule bzw. für ein Engagement im Digitallabor gewünscht wird. Elementar sei auch, dass die Angebote in Zugang und Umfang zunächst niederschwellig gehalten werden. Besonders Lehramtsstudierenden fällt es schwer, Freiräume in ihrem eng strukturierten Studienverlaufsplan zu schaffen, sodass überschaubare Angebote einen weiteren Anreiz darstellen.

Auf Grundlage der zu erwartenden Erfahrungen aus den lehramtsspezifischen Veranstaltungen können weitere Konzepte erwachsen, die nicht nur die Lehramtsausbildung, sondern auch Fort- und Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte

berücksichtigen. Da hier spezielle Bedarfe und Herausforderungen für die Entwicklung bestehen, ist anzunehmen, dass vor allem Fragen der Anrechnungsfähigkeit und Zertifikatvergabe zu klären sowie Workshopangebote mit angepassten Selbstlernmaterialien zu entwickeln sind.

Literatur

- Allert, Heidrun, und Christoph Richter. 2011. «Designentwicklung. Anregungen aus Designtheorie und Designforschung». In *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T)*, herausgegeben von Ebner, Martin und Sandra Schön, 1–14. Bad Reichenhall: BIMS e.V. <https://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/50/>.
- Baacke, Dieter, Susanne Kornblum, Jürgen Lauffer, und Lothar Mikos. 1999. *Handbuch Medien: Medienkompetenz – Modelle und Projekte*. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.
- Barrows, H.S. 2005. *The minimal essentials for Problem -Based Learning. Generic Problem-Based learning essentials*.
- Carretero, Gomez, Stephanie, Riina Vuorikari, und Yves Punie. 2017. *DigComp 2.1: the digital competence framework for citizens with eight proficiency levels and examples of use*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://doi.org/10.2760/38842>.
- Cavalcanti, Gui. 2013. «Is it a hackerspace, Makerspace, techshop, or fablab.» *Make*, May 22 (2013). <https://makezine.com/article/education/the-difference-between-hackerspaces-Makerspaces-techshops-and-fablabs/>.
- Collins, Allan. 1991. «Cognitive Apprenticeship and Instructional Technology.» In *Educational Values and Cognitive Instruction: Implications for Reform*, Idol, herausgegeben von Lorna Idol, und Beau Fly Jones, 121–38. Hillsdale, NJ.: L. Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781315044392>.
- Faix, Werner G. 2012. *Kompetenz. Festschrift Prof. Dr. John Erpenbeck zum 70. Geburtstag*. Band 4. Stuttgart: Steinbeis-Edition. <https://www.steinbeis-edition.de/shop/out/pictures/media/9783943356076.pdf>.
- Ferrari, Anusca. 2012. *Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2791/82116>.
- Friese, Marianne. 2021. *Care Work 4.0. Digitalisierung in der beruflichen und akademischen Bildung für personenbezogene Dienstleistungsberufe*. Bielefeld: wbv. <https://doi.org/10.3278/6004710w>.
- Halverson, Erica Rosenfeld, und Sheridan, Kimberly M. 2014. «The maker movement in education». *Harvard educational review* 84.4: 495–504. <https://www.makersempire.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Maker-Movement-in-Education-Halverson-14.pdf>.
- Herzig, Bardo, Niclas Schaper, Alexander Martin, und Daniel Ossenschmidt. 2015. «Verbund: M³K - Modellierung und Messung medienpädagogischer Kompetenz: Teilprojekt: Medienerzieherische und mediendidaktische Facetten und handlungsleitende Einstellungen. Schlussbericht». Paderborn: Universität Paderborn. <https://doi.org/10.2314/GBV:870179926>.

- Hochschule Magdeburg-Stendal. 2023. «Experience-Maker-Labor (XperiMaker-Lab). Projekt h2d2». <https://www.h2.de/hochschule/innovative-hochschullehre/projekt-h2d2/experience-maker-labor-magdeburg-x-lab-md.html>.
- Holdener, Anita, Silke Bellanger, und Seraina Mohr. 2016. ««Digitale Kompetenz» als hochschulweiter Bezugsrahmen in einem Strategieentwicklungsprozess». In *Digitale Medien: Zusammenarbeit in der Bildung*, herausgegeben von Josef Wachtler, Martin Ebner, Ortrun Gröbinger, Michael Kopp, Erwin Bratengeyer, Hans-Peter Steinbacher, Christian Freisleben-Teutscher, und Christine Kapper, 65–74. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15780>.
- Ismer, Eva, und Dana Mietzner. 2019. «Mit Kollaboration zu individuellen Kompetenzziele – Der Maker Space als neuer Lernort». In *Wissenschaftliche Beiträge*, Technische Hochschule Wildau, 79–86. Wildau. https://doi.org/10.15771/0949-8214_2019_11.
- Kultusministerkonferenz – KMK. 2016. «Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08. Dezember 2016)». https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.
- Lorenz, Ramona, und Manuela Endberg. 2019. «Welche professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrpersonen im Kontext der Digitalisierung in der Schule? Theoretische Diskussion unter Berücksichtigung der Perspektive Lehramtsstudierender». *MedienPädagogik (Occasional Papers)*: 61–81. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.16.X>.
- Martin, Alexander. 2020. «Digitalisierung und Lehrerbildung. Kompetenzmodellierung und empirische Befunde.» In *Beiträge zur Lehrerbildung und Bildungsforschung: Vol. 5. Digital?!: Perspektiven der Digitalisierung für den Lehrerberuf und die Lehrerbildung*, herausgegeben von Rothland, Martin, und Simone Herrlinger, 69–86. Münster: Waxmann.
- Redecker, Christine. 2017. European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. No. JRC107466. Joint Research Centre (Seville site). <https://ideas.repec.org/p/ipt/iptwpa/jrc107466.html>.
- Reich, Kersten. 2007. «Methodenpool». Zuletzt geändert am 03. Februar 2017. <http://methodenpool.uni-koeln.de>.
- Reinmann, Gabi. 2005. «Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung». *Unterrichtswissenschaft, Zeitschrift für Lernforschung* 33 (1): 52–69. <https://doi.org/10.25656/01:5787>.
- Reinmann, Gabi. 2013. «Didaktisches Handeln – Die Beziehung zwischen Lerntheorien und Didaktischem Design». In *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T)*, Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (2. Auflage), herausgegeben von Martin Ebner, und Sandra Schön. <https://doi.org/10.25656/01:8338>.
- Reinmann, Gabi. 2014. «Entwicklungsfrage: Welchen Stellenwert hat die Entwicklung im Kontext von Design Research? Wie wird Entwicklung zu einem wissenschaftlichen Akt». *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Design-Based Research* 27: 63–78. https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/06/Reader_DBR_Juni2018.pdf.


- Schmid, Mirjam, und Dominik Petko. 2020. «Technological Pedagogical Content Knowledge» als Leitmodell medienpädagogischer Kompetenz». In *MedienPädagogik* (Jahrbuch Medienpädagogik) 17: 121–40. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.28.X>.
- Schmid, Ulrich, Lutz Goertz, und Julia Behrens. 2017. *Monitor Digitale Bildung: Die Weiterbildung im digitalen Zeitalter*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. <https://doi.org/10.11586/2018007>.
- Schmidt, Jennifer. 2022. «Implementierung eines Makerspaces an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg». *Ludwigsburger Beiträge zur Medienpädagogik* 22. <https://doi.org/10.21240/lbzm/22/23>.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2020. «Ziele von Makerspaces: Didaktische Perspektiven.» In *Lernwelt Makerspace: Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl, und Richard Stang, 33–47. Berlin, Boston: De Gruyter Saur. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-004>.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr. 2016. *Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen: Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten* (2. Auflage). Norderstedt: Books on Demand.
- Sgolik, Julia, Thorsten Ziegler, und Petra Kirchhoff. 2021. «Medienpädagogische und fachdidaktische Kompetenzmodellierungen für das Lehren und Lernen mit und über digitale Medien.» In *Bildung, Wissen und Kompetenz(-en) in digitalen Medien: Was können, wollen und sollen wir über digital vernetzte Kommunikation wissen?*, herausgegeben von Markus Seifert und Sven Jöckel, 19–54. Berlin: Freie Universität Berlin. <https://doi.org/10.48541/dcr.v8.0>.
- Späth, Katharina, Tobias Seidl, und Viktoria Heinzl. 2019. «Verbreitung und Ausgestaltung von Makerspaces an Universitäten in Deutschland». *o-bib. Das offene Bibliotheksjournal/Herausgeber VDB* 6.3: 40–55. <https://doi.org/10.5282/o-bib/2019H3S40-55>.
- Stangl, Werner. 2011. «Cognitive Apprenticeship». *Lexikon für Psychologie und Pädagogik*. <https://lexikon.stangl.eu/225/cognitive-apprenticeship>.
- Stolzenburg, Alina, Tim Herzig, Jacob Wujciak-Jens, Birgit Babitsch, und Ursula Walkenhorst. 2023. «DILBES – Ein Modell zur Entwicklung berufsbezogener Digitalkompetenz an berufsbildenden Schulen in der ersten Phase der Lehrer:innenbildung». *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 18 (2): 299–316. <https://doi.org/10.3217/zfhe-18-02/16>.
- Strittmatter, Peter, und Helmut M. Niegemann. 2000. *Lehren und Lernen mit Medien: Eine Einführung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Tulodziecki, Gerhard, und Bardo Herzig. 2004. *Mediendidaktik. Medien in Lehr- und Lernprozessen*. Reihe Handbuch Medienpädagogik. Bd. 2 von 5. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Universität Osnabrück. 2021. «Modulbeschreibungen für die Lehreinheit <Gesundheitswissenschaften> – Fach Gesundheitswissenschaften». https://www.uni-osnabrueck.de/fileadmin/documents/public/ordnungen/Modulbeschreibungen_GW-Gesundheitswiss_2021-10.pdf.
- Vuorikari, Riina; Stefano Kluzer, und Yves Punie. 2022. *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://doi.org/10.2760/115376>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

ESD <in the Making>?

Potentials and Limitations of Educational Making for Education for Sustainable Development

Anna-Lena Brown¹ 

¹ Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Abstract

The article explores potentials and limitations of educational making for education for sustainable development (ESD) based on a list of competencies proposed by ESD researchers to achieve transformational educational goals (Rieckmann 2021). It focuses on three areas offering potential for ESD: first, learner empowerment; second, sustainability thinking, innovation thinking, and entrepreneurship education; and third, Education 4.0 and twenty-first century skills. It outlines central demands and concepts of both ESD and educational making as the theoretical backdrop for the analysis. After presenting core ideas and relevant research in each of the three areas, the article discusses their potential to foster the set of competencies proposed by the ESD movement. The analysis suggests that educational making indeed offers potential for ESD, but with some limitations and conditions that are discussed along with desiderata for further research.

BNE <in the Making>? Potenziale und Grenzen von Educational Making für Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Zusammenfassung

Der Beitrag untersucht die Potenziale und Grenzen des Educational Making für Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) auf der Grundlage einer Reihe von Kompetenzen, die von BNE-Forschern vorgeschlagen wurden, um transformative Bildungsziele zu erreichen (Rieckmann 2021). Es werden drei Bereiche fokussiert, die Potenziale für BNE bieten: erstens das Empowerment von Lernenden, zweitens Nachhaltigkeitsdenken, Innovationsdenken und unternehmerische Bildung und drittens Bildung 4.0 und sogenannte 21st Century Skills. Als theoretischer Hintergrund für die Analyse werden zentrale Forderungen und Konzepte sowohl der BNE als auch der Bildungsarbeit skizziert. Nach der Vorstellung von Kernideen und relevanter Forschung in jedem der drei Bereiche, diskutiert der Artikel deren Potenzial, die von der BNE-Bewegung vorgeschlagenen Kompetenzen zu fördern.



Die Analyse deutet darauf hin, dass Educational Making tatsächlich Potenziale für BNE bietet, jedoch mit einigen Einschränkungen und Bedingungen, die zusammen mit Desideraten für weitere Forschung diskutiert werden.

1. Introduction

In the face of growing global crises – the climate crisis at the forefront – calls for holistic approaches and immediate action are becoming louder and more urgent. Organizations, institutions, businesses, and individuals find themselves under mounting pressure to act sustainably and do their part to protect the planet and its resources. Global efforts to achieve sustainability are not new: The first global climate conference took place in 1992 (BMZ 2023) and the 2030 Agenda for Sustainable Development was adopted by the UN in 2015 as a comprehensive and ambitious «blueprint for peace and prosperity for people and the planet, now and into the future» (United Nations 2023a, history section). Yet these efforts have still not yielded the envisaged results. The 17 sustainable development goals (SDGs) at the heart of the UN agenda are the outcome of decades of global efforts in all areas relevant to ensuring a more sustainable future for humankind. These goals not only address environmental and ecological issues but are also meant as a holistic approach to sustainability that takes social and economic factors into account as well.

Education plays a central role in the SDGs: It is considered not only a human right, but also a «key enabler for sustainable development» (United Nations 2023a, history section). The fourth SDG focuses on education and aims to «ensure inclusive and equitable quality education and promote life-long learning opportunities for all» (Council of Europe 2023, SDG 4), and also includes a set of associated sub-targets. In addition, the UN has clearly expressed the «need to integrate sustainable development into formal education at all levels» (United Nations 2023b, education section).

Goals and efforts to incorporate the SDGs into education are concentrated in the education for sustainable development (ESD) concept. At its core lies the endeavor to enable individuals to participate in the processes relevant in shaping sustainable development. This requires the development of certain key competencies and a set of core values around sustainability that need to be embedded in an «action-oriented, transformative didactical approach» (Rieckmann 2021, 10).

An educational phenomenon that has garnered much attention in recent years is *educational making*. Based on the theoretical work of Dewey, Piaget, and Montessori, as well as ideas central to the so-called maker movement, approaches to educational making have gained ground in formal and informal educational settings. Incorporating the use of various activities and tools for *making*, with a focus

on technology in particular, this type of learning has been recognized for its potential in STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education (Hsu, Baldwin, and Ching 2017).

The skills and competencies associated with educational making are by no means limited to the STEM field. Meißner (2020) has pointed out the potential of making as a «democratizing culture» and has hailed it as a form of «individual self-empowerment» (Meißner 2020, 6). When engaging in making, the learner assumes the role of designer and engineer in addition to that of the consumer, while using technologies and tools to create something and solve real problems in the process, often in cooperation with others (Meißner 2020). Other authors have discussed educational making in connection with the promotion of sustainability thinking and innovation thinking in relation to entrepreneurship education (Kinnula, Durall, and Haukipuro 2022), as well as Education 4.0 and twenty-first century skills (González-Pérez and Ramírez-Montoya 2022). These aspects provide reasons to believe that educational making can and should be developed and utilized for ESD.

But what concrete potentials does educational making hold for achieving the goals of ESD? While educational making undoubtedly holds promise, especially for STEM education, how and to what extent can it contribute to realizing the «action-oriented, transformative didactical approach» (Rieckmann 2021, 10) ESD demands? This paper aims to answer to this question. In the following section, we consider the two theoretical concepts central to this discussion by exploring and critically examining the aspects of empowerment; sustainability thinking, innovation thinking, and entrepreneurship education; and Education 4.0 and twenty-first century skills for their potential in promoting ESD, taking related research as a point of departure. As literature on educational making in direct relation to ESD is still very scarce, we consider aspects related to or overlapping with goals and competencies of ESD. Due to the explorative nature of this article, we consider all types of making and educational making. The examples presented are not limited to a particular learning setting or age group, in line with the understanding of ESD as lifelong learning. The fourth section explores the limitations of these potentials and offers suggestions for further research. The final section provides a conclusion and discussion aimed at providing a balanced perspective on the issue informed by the article's findings.

2. Theoretical considerations

To determine the extent to which educational making can contribute to education for sustainable development, it is necessary to understand both concepts and their core ideas, principles, and goals. In the first subsection, we present key aspects of ESD and the competencies and approaches associated with it. In the second subsection, we offer a theoretical exploration of the maker movement and educational making.

2.1 Education for sustainable development

As mentioned in the introductory section, education plays a central role in achieving the SDGs. ESD unites all the goals and efforts outlined in the fourth SDG. On the UNESCO website that lays out the trajectory for the implementation of ESD, its general goal is described as giving «learners of all ages the knowledge, skills, values and agency to address interconnected global challenges including climate change, loss of biodiversity, unsustainable use of resources, and inequality» (UNESCO 2023, «What is education for sustainable development?» section). Moreover, it defines the goal of enabling learners to «make informed decisions» so they can participate individually and collectively in global efforts at societal and environmental change toward sustainability. Learning is understood as a lifelong process, and ESD seeks to bring about progress in three domains: the cognitive, the socio-emotional, and the behavioral.

To achieve this progress, educational research has identified key competencies from which educational goals can be derived. The guiding principle is not simply to educate individuals to conform to sustainable behavior and thus to limit their actions; rather, it is to provide individuals with a range of competencies that open up broader options and enable them to find solutions that are tailored to their individual problems (Rieckmann 2021). Rieckmann (2021) identifies eight key competencies that predominate in the international ESD discourse:

- networked thinking competency: the ability to identify and understand relations and contexts, to analyze complex systems, and to understand how systems are embedded within different domains and scales, which involves coping with insecurity
- anticipatory thinking competency: the ability to anticipate and evaluate multiple possible futures and create one's own visions for the future, which involves being proactive and understanding the consequences of actions and managing risks and changes
- normative competency: the ability to understand and reflect on norms and values underlying one's own actions and to negotiate sustainability values, principles, and goals in the context of conflicts of interest and trade-offs, insecure knowledge, and contradictions
- strategic competency: the ability to individually and collectively develop and implement innovative measures that support sustainability on a local and global level
- cooperative competency: the ability to learn from others, to understand and respect others' perspectives (empathy), and to understand, build relationships with, and care for others (empathetic leadership), which involves coping with conflicts within a group to enable collaborative and participatory solution-finding processes

- critical thinking competency: the ability to question norms, practices, and opinions, reflect on one's own values, perceptions, and actions, and to position oneself within the discourse on sustainability
- self-competency: the ability to reflect on one's role in the local and global community, to continually evaluate one's own actions, and keep motivating oneself, to confront one's own feelings and desires
- integrated problem-solving competency: the general ability to apply different solution frameworks to complex sustainability issues and develop suitable, inclusive, and just solutions that support sustainable development and integrate the aforementioned competencies.

Along with these competencies, UNESCO has identified concrete learning goals specific to the aforementioned cognitive, socio-emotional, and behavioral domains. These suggested topics as well as methods and approaches around each of the SDGs can be applied to all types of learning settings and to learners of all ages and backgrounds (Rieckmann 2018).

For learners to develop these competencies, educators and institutions must adopt a transformative approach to education. Rieckmann (2021) emphasizes that these competencies and values cannot simply be transferred to learners but must be developed gradually. As to didactic approaches, the following principles have been identified as appropriate to the transformative, action-oriented pedagogy in question:

- learner-centeredness and accessibility
- focus on action and reflection
- transformative and transgressive learning
- participatory focus
- discovery learning
- networked learning
- vision focus
- integration of social, self-directed, and method-oriented learning with content-oriented learning.

The theoretical work summarized above makes clear that the principles of ESD and the demands it places on educational institutions and actors have been formulated comprehensively and clearly. Educational making, as one possible response to these demands, is outlined in the following section.

2.2 *The maker movement*

Educational making in its various forms originates from the so-called maker movement, which centers around the activities, principles, and mindsets involved in *making*. Making itself describes the process of experimenting with a variety of different activities, such as «cooking, sewing, welding, robotics, painting, printing, and building» (Hsu, Baldwin, and Ching 2017, 589), and the tools used to create objects or products. Martin (2015) offers the following comprehensive working definition of making as «a class of activities focused on designing, building, modifying, and/or repurposing material objects, for playful or useful ends, oriented toward making a «product» of some sort that can be used, interacted with, or demonstrated» (Martin 2015, 2).

This takes place in so-called makerspaces or fablabs (fabrication laboratories), open spaces equipped with a range of tools and technologies such as sewing machines, 3D-printers, and workbenches where makers can meet and learn from each other as a community of practice. However, the movement comprises of more than tools and settings; certain values and mindsets also play a central role in it. The «Maker Movement Manifesto» written by Mark Hatch, the founder of one of the first makerspaces, is often quoted in the literature. It differentiates nine core mindsets and activities of making: «make, share, give, learn, tool up, play, participate, support, and change» (Hatch 2014, 1).

In the broader discussion, making has also been associated with certain political and cultural viewpoints and movements. Halverson and Sheridan (2014) mention the «democratizing nature of making» (497) that allows more and more people to use tools and technology to realize their creative ideas and leverage innovative potential regardless of socio-economic status. Making also has notable parallels to hacking that are evident in the mindset at the heart of both communities: tech-enthusiasm, self-actualization, and collaboration. Furthermore, the maker movement is associated with post-capitalist upcycling and repair movements and the idea of modifying, fixing up, and recycling discarded or broken objects to reduce waste and counter consumerism (Bettinger 2018).

2.3 *Making and education*

While the maker movement initially arose outside formal educational spheres, more and more educators have recognized its potential for learning in K-12 and higher education settings. Eagerness to introduce making into these formal learning contexts has been growing, especially in relation to STEM (science, technology, engineering, mathematics) education. A recently published policy report funded by the European Commission attributes an increasingly important role to educational making in formal education settings (Vuorikari, Ferrari, and Punie 2019). While the

potentials of STEM education are evident, research efforts into making and education have shown that they are not limited to the STEM fields or even to STEM subject content. Hughes and Kumpulainen (2021), for example, argue that making in education can contribute to the development of a host of global skills, such as «creativity, digital literacy, critical thinking, collaboration, and communication» (Hughes and Kumpulainen 2021, 1).

In light of the challenges institutions and individuals face with the rise of digitalization and mediatization (Hepp and Krotz 2012), educational making has garnered the attention of researchers, particularly in media education. Action-oriented media education, for example, seeks to equip individuals with the necessary competencies not only to safely navigate the complexity arising from accelerating technological and societal developments (Stalder 2016) but also to become agents of and (creatively) participate in these processes (Schorb 2022). In one example of recent research in this area, Bunke-Emden (2020) identifies the potential of educational making: by engaging in making activities, individuals can achieve competence in their understanding and adoption of technologies and (digital) media, thereby increasing their capacity to navigate, utilize, and shape these technologies. Other authors in the field have shed light on further aspects and potentials of educational making. Meißner (2022) uses the concept of *maker literacy* to describe the capacity to navigate complexity, whereas Knaus and Schmidt (2020) highlight the potential of making activities to promote the capacity for productive technological action.

Concerning the theoretical foundation of making and education, Martin (2015) and others argue that the notion of making is rooted in longstanding discussion of ideas and theoretical approaches. Martinez and Stager (2013) as referenced by Halverson and Sheridan (2014) credit Seymour Papert's theory of constructionism as the foundational approach for the maker movement and its «focus on problem solving and digital and physical fabrication» (Halverson and Sheridan 2014, 497). Constructionism strongly emphasizes the role of «embodied, production-based experiences» (Halverson and Sheridan 2014, 497) and sees them at the core of any learning process. Constructionism itself is grounded in John Dewey's theory of constructivism. According to constructivist theory, learning happens through play, experimentation, and «authentic inquiry» (Halverson and Sheridan 2014, 479). Learning through making is promoted through approaches like project-based science and problem-based learning. Halverson and Sheridan (2014) and other authors emphasize how making relates to formal and informal educational settings: «Learning through making reaches across the divide between formal and informal learning, pushing us to think more expansively about where and how learning happens» (Halverson and Sheridan 2014, 479).

In addition to the aforementioned aspects, Martin (2015) also refers to four core aspects of the making mindset that are beneficial and can potentially be leveraged for learning:

- **Playfulness:** enjoyment, pleasure, and fun are central to making and are considered key to intrinsic motivation, which is assumed to be beneficial for educational processes and endeavors. Experimentation and the experience of variation are considered necessary for the development of adaptive expertise and conceptual knowledge (Hatano and Inagaki 1986).
- **Asset and growth orientation:** Within the maker movement, the idea that anyone can learn the necessary skills to engage in making is prevalent. The focus, according to Martin (2015), is less on abilities or weaknesses, and more on assets and possibilities. Moreover, studies have shown that a growth mindset in learners helps them to cope with failure. The combination of a focus on assets, a growth mindset, and freedom associated with making appears promising for educational settings.
- **Failure positivity:** The maker movement views failure not as detrimental to the learning process, but as a requirement for learning and improving. This aligns with findings on how to make failure productive in school settings and is associated with developing adaptive expertise (Chi 2011; Martin and Schwartz 2009).
- **Collaboration:** Sharing and helping are core ideas in the maker mindset and are evident in the formation of large online communities of practice around making. This type of collaboration and communication, focused on «enacted knowledge and non-competitive discourse» (Martin 2015, 7), distinguishes the making mindset in education from more conventional approaches.

3. The potentials of educational making for ESD

The above aspects illustrate the theoretical underpinnings and many potentials of making for educational contexts and purposes. The following sections home in on the question of how three areas of potential in educational making, namely empowerment, sustainability thinking and innovation thinking, and twenty-first century skills and Education 4.0 can contribute to the goals of ESD.

3.1 Empowerment

Several authors have discussed making as a post-capitalist counterculture with parallels to hacking, in that it enables individuals to use existing technologies and design principles to meet their own needs and thus, in a sense, to defy the existing power imbalance between large corporations and the individual (Bettinger, Draheim, and Weinrebe 2020). Illustrative of this type of «individual self-empowerment» (Meißner

2020, 6, author's translation) is the common use of 3D-printers to construct and produce self-designed objects, or the act of de- and re-constructing existing objects. Makerspaces provide individuals with the means to engage in this act of self-empowerment, and the maker culture emphasizes individual enablement through learning and collaboration. This emphasis stands in stark contrast to the simple provision of a service, perpetuating the status quo of individual dependency on corporations or manufacturers to develop technologies. This mindset is evident in a passage from an interview that took place as part of a 2019 ethnographic study referenced by Bettinger, Draheim, and Weinrebe (2020). In it, the interviewee describes his rationale for teaching individuals how to repair things themselves and showing them «how-to» instead of seeking out service providers. He refers to this as «demystification of the machine» (Bettinger, Draheim, and Weinrebe 2020, 23, author's translation). He sees it as important for the future that individuals be provided with the means to escape from being passive victims of digitalization and assume agency by becoming co-creators.

The foregoing examples reveal the potential of individual empowerment to counter consumerism and dependency through making. But how can this potential empowerment be realized in education and particularly ESD? Clapp et al. (2016) discuss maker empowerment and education within the context of human agency. This concept can be linked to fundamental questions about «the nature of intention and action, the possibility of free will and autonomy, issues of ethics and moral responsibility, explanations of rationality and akrasia (weakness of will), theories of human motivation, theories of economic behavior, and theories of human rights» (Clapp et al. 2016, Chapter 4, «What is Agency» section¹). As the result of an attempt to synthesize the outcome of a long tradition of researching and contemplating human agency in the fields of philosophy and psychology, they offer a loose definition of agency as «our species' capacity to make intentional choices about how to act in the world (Clapp et al. 2016, Chapter 4, «Choice, Intention and Action» section).

They define *maker empowerment*, understood as agency in relation to making, as «a sensitivity to the designed dimension of objects and systems, along with the inclination and capacity to shape one's world through building, tinkering, re/designing, or hacking» (Clapp et al. 2016, Chapter 4, «Agency and Maker empowerment» section). They regard agency in the context of making as a specific underlying disposition that lifts individuals out of a type of paralysis (maker *unempowerment*) resulting from ignorance toward the design and production processes involved in shaping our material world. The authors see maker empowerment as a central, broad outcome of maker-centered education and envision that learners who are maker-empowered will adopt strategies to design, construct, improve and re-think the material and immaterial world around them.

1 Source only available in eBook format without page numbers.

They identify three key notions that are central to their notion of maker empowerment: a «sensitivity to the designed dimension of objects and systems» (Clapp et al. 2016, Chapter 4, «Empowerment in education» section), meaning alerting learners to the ways our world is filled with things of human design, and the «inclination and the capacity to make (or remake) things» (ibid.), relating to both the required motivation and the necessary skill set. These notions that comprise the disposition of maker empowerment could relate to competencies in ESD, particularly strategic competency, self-competency, and, most of all, critical thinking competency, as defined in the second section of this paper.

This assumption is supported by the discussions and contributions around *critical making*. Grimme, Bardzell, and Bardzell (2014) view empowerment as «a motivation and reward» (Grimme, Bardzell, and Bardzell 2014, 432) for critical making, which they define as «making activities in which the practice of making itself is a vehicle for critical engagement with the world, as opposed to making something purely for its material benefits» (Grimme, Bardzell, and Bardzell 2014, 431). The rationale employed here is that making can lead to a critical view of the world, while the focus is more on the act of making as an activity than on the resulting product. From the results of their qualitative study, the authors identified three types of empowerment, further explaining aspects of empowerment associated with making:

- Empowering oneself: artifacts and activities that allow makers to reject a passive consumerist subject position and assert themselves as agents of their own infrastructural and/or device ecologies.
- Empowering others: artifacts and activities that allow makers to teach and inspire others, to raise awareness or affect changes around social issues, or to create new choices for artifacts or experiences.
- Empowering making communities: artifacts and activities that allow makers to contribute to the making community by sharing tools, resources, networking, and collaboration (Grimme, Bardzell, and Bardzell 2014, 434).

This analysis would add cooperative competency to the list of competencies as defined by ESD. Moreover, it has become evident that the different aspects of empowerment laid out above could contribute to the attitudes necessary for ESD. In later sections, we present a critical examination and limitations of this study, especially regarding the following two potentials.

3.2 Sustainability thinking, innovation thinking, and entrepreneurship education

The second potential of educational making for ESD displays some links to empowerment, but is centered around the domains of technology, design, innovation, and entrepreneurship in learners and their importance for ESD. Kinnula, Durall, and

Haukipuro (2022) note that, «the role of innovation in solving global challenges such as climate change and sustainable development is becoming increasingly important» («Sustainable innovations require sustainability thinking» section²). Efforts at leveraging the potentials of innovation and entrepreneurship for sustainable development are subsumed under the concept of *sustainable innovation*, which refers to «seeking solutions to complex issues, bringing a competitive advantage for companies but also providing environmental benefits and producing social well-being» («Sustainable innovations require sustainability thinking section»).

In emphasizing the importance of innovation for sustainable development, Kinnula, Durall, and Haukipuro (2022) note the significance of the role of learners as «agents of change» («Sustainable innovations require sustainability thinking section») as well as «design protagonists» (Introduction) meaning that they not only have the necessary competencies to develop new technologies but can also reflect critically on existing technology and its role in their lives and the lives of people around them. According to the authors, sustainability thinking and innovation thinking are key building blocks for entrepreneurship and innovation education, which is important in developing skills, such as sustainability literacy, that enable learners to engage in innovation and entrepreneurship toward sustainable development. The authors also comment on the importance of inter- and transdisciplinary thinking, which stems from the «intrinsic complexity of sustainability challenges» (Kinnula, Durall, and Haukipuro 2022, «Sustainable innovations require sustainability thinking» section). They assign making to the realm of learning approaches that foster these necessary competencies and dispositions in learners. According to the authors, educational making approaches support «learners' engagement in sustainable thinking through activities involving design and technology» (Kinnula, Durall, and Haukipuro 2022, «Sustainable innovations require sustainability thinking» section), and they propose that the principles of educational making be linked with sustainability education and design thinking.

This research yields insights into the importance of linking systems thinking with sustainable innovation and incorporating both into design and entrepreneurship education. Kinnula, Durall, and Haukipuro (2022) propose an approach that uses business ideating and business idea development in connection with sustainability education couched in maker approaches as a way to teach systems thinking, a key skill necessary to avoid shallow solutions and instead develop holistic approaches to problems. This approach aligns with the ESD competencies of networked, anticipatory, and strategic thinking, as well as integrated problem-solving competencies. Fostering sustainability thinking, innovation thinking, as well as systems thinking alongside an entrepreneurship mindset to enable learners to become

2 no page numbers provided in source.

design protagonists appears to contribute in multiple ways to the development of ESD competencies. In the following, we present further research that lends weight to individual aspects of the approach of Kinnula, Durall, and Haukipuro (2022).

The approach of linking entrepreneurship education and making to promote entrepreneurship with a focus on learner creativity finds support in a study by Weng, Chiu, and Tsang (2022). They employed a 5E (engage, explore, explain, elaborate, and evaluate) learning cycle around a five-month maker program using 3D-printers to glean insights into how creativity and entrepreneurship are affected by engaging learners in making activities involving real-world problems. They found that learners displayed a «novelty dimension of creativity» (Weng, Chiu, and Tsang 2022, 11) in the engage phase, and entrepreneurship in multiple phases of the 5E cycle as evaluated using two frameworks. These findings arguably contribute to the assumption that making, especially when embedded within instructional design frameworks such as the 5E cycle and linked to real-world problems, can promote entrepreneurship and creativity, key skills for the competency cluster.

Another approach proposed in 2017 and researched over three years as in the «DOIT – Entrepreneurial skills for young social innovators in an open digital world» European research and innovation program employs different types of makerspaces and tools to promote «practice-based social innovation and entrepreneurial learning of children and young people» (Geser et al. 2019, 60). Although one of the program's focal areas was entrepreneurship education, it aimed more at developing the mindset and skills necessary to derive entrepreneurial action from creative ideas rather than following a commercial approach to entrepreneurship (Unterfrauner, Voigt, and Hofer 2021). The topics addressed in the learning program range from social inclusion to political involvement to resource efficiency, and thereby appear to align to some degree with the SDGs and ESD, in addition to addressing real-world issues. Moreover, the pilot projects described by the researchers aim at ensuring participation for groups that are typically underrepresented in makerspaces, such as girls and children with disabilities. The researchers report positive results and see value in linking making and entrepreneurship education to foster competencies for social innovation (Geser et al. 2019).

In a subsequent article, Unterfrauner, Voigt, and Hofer (2021) narrowed their focus to two key aspects and evaluated the development of non-cognitive skills of the aforementioned piloted learning program along the dimensions of *creativity* and *self-efficacy*, which are at the heart of entrepreneurship education. The authors used a standardized psychological test to measure creativity and selected the most suitable items from several standardized scales for measuring self-efficacy, establishing the reliability of their instrument using Cronbach's alpha. They found a significant increase in creativity and self-efficacy in the posttests as compared to the pretests. Moreover, they found positive effects in all countries and institutions participating

in the DOIT program, showing that the maker educational approach employed contributed significantly to the development of those non-cognitive skills that are most relevant for entrepreneurship education: creativity and self-efficacy. These results lend weight to the assumption that educational making, embedded within a learning program such as DOIT, can indeed foster entrepreneurial skills such as creativity that are necessary for social innovation and that can potentially contribute to ESD.

3.3 Education 4.0 and twenty-first century skills

In their 2022 review, González-Pérez and Ramírez-Montoya link twenty-first century skills and computational thinking to ESD in saying that «twenty-first century skills, knowledge, and attitudes are necessary for citizens to face the digital, sustainable, and social world ethically and humanistically» (González-Pérez and Ramírez-Montoya 2022, 5). From their review, it is evident that twenty-first century skills, alongside transversal competencies such as computational thinking, go hand in hand with the goals of ESD, and that most of the competencies contained in the frameworks calibrating twenty-first century skills are largely identical with those defined in the ESD framework. In the following, two research efforts are presented that examine the role of maker education in fostering twenty-first century skills, albeit referring to differing frameworks.

Iwata et al. (2020) explore how digital fabrication activities as a part of maker education can contribute to the development of «non-subject transversal competencies» (Iwata et al. 2020, 2). These are a set of values, skills, knowledge, attitudes, and motivation that can be applied to problems across disciplines and situations and are incorporated into the Finnish core curriculum for basic education. The authors focus on two transversal competencies – twenty-first century skills and computational thinking – and explore the potentials of maker education in contributing to their development. They refer to twenty-first century skills as described in a set of competencies and attitudes comprised of «ways of thinking», «ways of working», «tools for working» and «ways of living in the world», categories defined in a project called ATC21S (Assessment and Teaching of Twenty-First Century Skills). The sub-categories of competencies within these four major categories include critical thinking, innovation, creativity, collaboration, and ICT skills. Most of these skills align with the competencies defined as aims of ESD.

Computational thinking, on the other hand, «refers to a way of solving complex problems by applying the set of thinking skills, practices and approaches which are fundamental to computing» (Iwata et al. 2020, 3). The idea is based on two concepts that are fundamental to computing: abstraction and automation. At the core of the approach of integrating computational thinking into education is the idea that it will enable learners to better comprehend the ways computers and technology function

and use them for their own ends. Also, it involves problem-solving approaches that can be applied to situations beyond working with ICT. As a transversal competency, computational thinking is seen as an integral part of Education 4.0, which is defined as education responding to the needs created by the fourth industrial revolution. This, in turn, is characterized by «disruptive technologies, processes, and practices» (González-Pérez and Ramírez-Montoya 2022, 2).

The research of Iwata et al. (2020) culminated in the finding that creativity as a twenty-first century skill was enhanced in learners, leading them to engage «in the creative fabrication process with freedom and autonomy of ideation and designing» (Iwata et al. 2020, 7). Other twenty-first century skills that could be improved through work with digital fabrication were «problem solving, critical thinking and decision making» (Iwata et al. 2020, 7). Moreover, they found opportunities for learners to develop collaboration, communication, and ICT skills, as well as a change in attitude regarding citizenship and communal focus. Concerning the development of computational thinking, it was found that learners frequently employed several of the steps in computational thinking, such as «formulating problems in a way that computer and other tools can help solve them» (Barr et al. 2011, 21). The researchers conclude that «digital fabrication activities have the potential for learning of the skills covering all four categories of twenty-first century skills and several aspects of CT practices» (Iwata et al. 2020, 12).

Striukova and Rayna (2019) focus on twenty-first century skills, elaborating both the reasons for their importance and certain issues they raise. For instance, the authors note that twenty-first century skills are important in maintaining employability in an increasingly digitized labor market. At the same time, however, some «are hard to foster in a traditional classroom environment» (Striukova and Rayna 2019, 1). Moreover, the authors state that although twenty-first century skills are a requirement to participate in the labor market, they are difficult to attain for individuals outside «the part of the population that typically has access to higher and further education» (Striukova and Rayna 2019, 1). They discuss the growing digitization of the physical world, which brings with it an increased requirement to learn new skills, but also presents new possibilities for entrepreneurship, while the needed skills are by no means limited to the STEM field. Linking these findings to educational making, the authors pose the question of the role of maker education, in particular fab-labs, in fostering these twenty-first century skills. In their research, they refer to two frameworks, the DigComp and EntreComp frameworks proposed by the European Commission, which they combine into one overarching framework for twenty-first century skills. The DigComp framework comprises a list of competencies related to digital and information technologies deemed essential for the twenty-first century. The EntreComp framework relates to entrepreneurship in terms of a set of competencies and encompasses more non-cognitive skills, many of which are analogous

to the competencies defined in the ESD framework. The researchers conducted a two-stage qualitative study (interviews and focus groups) with members of fablabs, some of which had an explicit focus on entrepreneurship education, while others did not. Their research showed that the following twenty-first century skills were organically fostered through activities in the fablabs, regardless of their entrepreneurial focus: creativity; the ability to mobilize resources; the ability to cope with uncertainty, ambiguity, and risk; the ability to work with others; and the ability to learn through experience. Moreover, the following twenty-first century skills are likely to be fostered organically in fablabs: the ability to mobilize others and take the initiative; to a lesser extent, self-awareness and efficacy; motivation, and perseverance; and finally, planning and management. Other skills were fostered in the fablabs that did indeed have an entrepreneurial focus. Interestingly, the skill of ethical and sustainable thinking was fostered only in those fablabs that emphasized related issues in the activities they offered.

4. Limitations and suggestions for further research

While the aspects of educational making presented above show great potential for the development of certain competencies defined in ESD, there are, of course, limitations to the scope and impact of educational making on ESD. Also, as hinted at above, the effect of their contribution to ESD may hinge on certain conditions. Furthermore, it is important to address some aspects of educational making and the maker movement that are misaligned with the idea of sustainability and the SDGs in general. In the following, we discuss the most pressing limitations of educational making approaches, further considerations, and the resulting research desiderata.

A first limitation to be addressed and perhaps the most obvious is inherent in all endeavors that aim to contribute to ESD, namely the fact that no single action or change will have the impact required for the transformation needed to achieve the SDGs. Rieckmann (2021) speaks of the «transformative didactics» (Rieckmann 2021, Fazit section) required to achieve the major changes on all levels of society and, in turn, achieve the SDGs. Educational making in any form can only be one piece of the puzzle, and is no panacea or «silver bullet» (Martin 2015, 8) to resolve the deep-rooted problems of traditional education. Moreover, research into educational making and sustainability and ESD is still in its infancy. The few approaches mentioned in this paper hardly form a solid base for argumentation and should only be viewed as a first point of orientation. Only a few of the articles directly mention educational making in combination with ESD or sustainability. It can therefore be stated that further research is needed on all topics relating to both fields. A systematic literature review or mapping review to determine the current state of research could be a first starting point to identify further steps.

Moreover, it seems that making in general is by all accounts a very heterogenous concept that displays wide variations in form. Each makerspace, hackerspace, or fablab is different, from its equipment to its members, community, and internal organization to its mindsets, individual practices, and focuses. This will without doubt influence the competencies that are fostered within each makerspace or fablab. This was evident in the research of Striukova and Rayna (2019), where a focus on entrepreneurship in some makerspaces affected the competencies acquired. This also poses challenges for schools, other educational institutions, individuals, and groups considering creating a maker infrastructure to enhance formal or informal education. As Blikstein (2018) states: «It is challenging to choose between the models and know, in each case, how to build the spaces, train teachers, manage labs, and incorporate the particular maker practices pertaining to each model» (Blikstein 2018, 431). More research, it seems, should go into developing ways of identifying and assessing needs, requirements, and options for educational institutions and support them in introducing an adequate form of educational making into their infrastructure. Moreover, the training of educators as key facilitators of educational making in formal education requires further research.

On this point, the success and possible impacts of educational making, especially with regard to ESD, hinge on a variety of contextual factors and conditions. Martin (2015) argues that three critical elements are necessary in order to realize the full potential of making in education: digital tools for making, the community infrastructure, and the maker mindset. Martin warns of a «tool-centric approach» (Martin 2015, 8) to introducing making into education that involves a tendency to oversimplify, which will ultimately result in failure. It may seem obvious, but simply creating a physical makerspace in a school or higher education setting will not necessarily result in the development of the desired competencies. Further research could look into ways of introducing the three elements mentioned by Martin (2015) into educational settings and examine their interplay within these settings, focusing on the desired and achieved outcomes. A related question is how educational making should be embedded within educational frameworks, as studied in the research by Geser et al. (2019) and Weng, Chiu, and Sang (2022), and how this affects the implementation of maker education and its outcomes.

Another critical aspect is illustrated by Blikstein (2013), who reports what he calls the «keychain syndrome» (Blikstein 2013, 8,) and warns of trivialization and valuing «‹product› over ‹process›» (Blikstein 2013, 9) in educational making activities. This, he states, is a symptom of an incentive system deeply ingrained in traditional education. In the vignette he describes, it resulted in learners making one keychain after another using a laser cutter. It became evident that the maker mindset was lacking, resulting in the learners «mass-producing» (Blikstein 2013, 9) a product

instead of experimenting, ideating, and problem-solving. This can hardly be aligned with the goals of ESD, much less with the general idea of sustainability, and poses a real issue for the introduction of maker infrastructures into education.

Another related issue, which also shows the interrelatedness of the three potentials discussed in this paper, may pose a limitation to the potential forms of empowerment offered by educational making. It lies in potentially conflicting goals of making and relates to the problem of valuing product over process as described by Blikstein (2013). It may be inherent particularly in settings combining maker educational approaches with entrepreneurship education and the fostering twenty-first century skills. Bettinger, Draheim, and Weinrebe (2020) argue that while forms of individual empowerment and liberation from the power imbalances relating to market mechanisms can indeed be achieved through making, there is always a risk of confusing this approach with one that fosters skills only to increase employability, thus surrendering to neoliberal agendas and ideals. This would run counter to the forms of empowerment offered by educational making and appears to highlight an area of conflict, especially between educational making and ESD.

Further, issues the maker movement, educational making, and ultimately, all research on educational making must consider are the boundaries, exclusivity, and underrepresentation of certain groups in making communities and spaces. One of the groups most underrepresented in making infrastructures are women and girls, who often tend to «avoid spaces that they find to be overtly male-dominated» (Capel et al. 2021, 2). This echoes the much lamented but little improved imbalance between men and women, girls and boys in the STEM field, especially in technology and computing (Lewis 2019). Moreover, Bettinger, Draheim, and Weinrebe (2020) found that in the daily practices within the makerspaces they examined, stereotypical gender roles are frequently reproduced, for instance, in the attribution of talents or interests. According to Lewis (2019), this imbalance leads to two problems of wider social relevance, the first being that the potential workforce in STEM related fields is significantly reduced if the number of women in these fields continues to decline. Second, the trend leads to reduced diversity in these fields, «though it is known that diversifying work environments increases the creativity and innovation of industries, thus creating more and better paths to improved output, be that manufacturing, theoretical research and development, or practice» (Lewis 2019, 3). This issue that making seems to have inherited from the STEM field, beyond the problem of passing up valuable opportunities for educational experiences, may place educational making at odds with the SDGs, may put research at risk of being flawed, and could significantly limit the impact of the potentials of educational making for ESD. However, as Bettinger, Draheim, and Weinrebe (2020) found, makerspaces also have the

potential of deconstructing and subverting stereotypical gender roles. Therefore, it should be of paramount concern to future research to identify ways of leveraging makerspaces to alleviate this issue rather than exacerbating it.

The aspects and issues presented above, although far from having been exhaustively discussed, warrant calls for normative guidance in terms of embedding educational making within the wider debate of ESD and normative approaches. All three aspects laid out above may contribute to the development of competencies called for by ESD: networked thinking competence, strategic competence, collaborative competence, or integrated problem-solving competence. Moreover, research presented above suggests that educational making fosters creativity and self-efficacy, as well as transversal skills such as computational thinking. However, any effort at leveraging these potentials, it seems, requires a normative discussion and the development of normative competence in learners as mentioned by Rieckmann (2021) to calibrate efforts at educational making and to render it truly and sustainably fruitful for ESD.

Particularly with regard to the relation of the individual to an increasingly digitized world, the question of individual responsibility for issues of sustainability can and should also be raised (Grünberger 2020). The potentials discussed above all raise questions about this, such as when design and prototyping skills are fostered in educational making settings. An important endeavor will be to explore the potential of educational making, first, to enable individuals to position themselves within the debate on environmental responsibility in an increasingly digitized world and, second, to enable them to assume responsibility by educating them, for instance, on production processes. Grünberger (2020) emphasizes the importance of media education in shaping the necessary educational trajectory and assuming the role of 'first responder' to developments in this field, to which educational making arguably belongs. Considering the increased permeation of every aspect of human life by digital technology, the resulting contingency (Bettinger and Jörissen 2022), and the implications for education on all levels, educational making can be considered a promising and important area for research in the field of media education. As outlined briefly in the second section of this article, this field already offers approaches to research and practice that could point the way toward further efforts in relation to educational making and ESD.

Pressing questions for further research and theoretical inquiry in this vein could therefore be: How and to what extent can educational making contribute to the development of required normative competencies? What are the conditions for this? Can the playful and experimental nature of making at the heart of educational making approaches be consolidated with the development of certain values and attitudes required to direct the acquired skills toward the achievement of ESD and the SDGs? How can and should educational making be embedded within a wider

discussion of responsibility and sustainability? How can theoretical and empirical approaches in the field of media education, for instance, with regard to action-oriented media education (Schorb 2022), be utilized fruitfully for further inquiry into ESD and educational making, particularly in formal educational settings? To what degree can trajectories and approaches in the field of media education, for example, with regard to *digital agency* (Freund et al. 2023) and other fields of educational research and practice, be aligned with ESD?

5. Conclusion

Educational making, at a first glance, offers a host of exciting and promising advantages and potentials, especially for STEM education but also beyond. The SDGs and particularly the goals defined by ESD demand a transformative approach to education and, since educational making seems to subvert many of the issues of traditional education, it warrants closer examination into its potential role in achieving this transformation. Therefore, looking beyond content-related education, the question raised in this paper was: In what ways and to what extent does educational making hold potential to contribute to ESD?

In the attempt to formulate an answer to this question, three interrelated potentials of educational making were examined in an explorative approach: empowerment; sustainable or innovation thinking and entrepreneurship education; and Education 4.0 and twenty-first century skills. Contributions in the form of didactic approaches, reports, monographs, as well as research articles were studied to determine avenues in the research and gain insights into how and to what extent these potentials relate and contribute to the development of the competencies of ESD. Relating to the question initially posed, the answer would have to be: It's complicated and it depends. It was shown that, while educational making can indeed contribute to the development of certain competencies defined in ESD, such as collaborative competency, strategic competency, networked thinking competency, and integrated problem-solving competency, certain limitations apply that cannot and must not be disregarded. From these limitations, further avenues of research were identified in light of the fact that research on educational making and ESD is still in its very early stages. Moreover, it became evident that making, as a highly heterogeneous concept, can be considered a 'double-edged sword' in certain respects, generating both potentials *and* pitfalls, for instance, by either perpetuating or subverting gender disparities. Above all, the need to negotiate normative underpinnings seems the most pressing issue at hand to calibrate the direction forward with educational making and ESD. An integration of approaches to increased digitization and media-tization – as addressed by research in the field of media education – and ESD could form an especially promising two-pronged research trajectory for the future.

References

- Barr, David, John Harrison, and Leslie Conery. 2011. «Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone». *Learning & Leading with Technology* 38 (6): 20–23.
- Bettinger, Patrick. 2018. «Fablabs Und Makerspaces Als Diskursarenen». Ringvorlesung Master Intermedia. <https://vimeo.com/299446171>.
- Bettinger, Patrick, Saskia Draheim, and Paul Weinrebe. 2020. «Critical Making? Praktiken in Makerspaces zwischen Widerständigkeit und Affirmation». *Medienimpulse* 58 (4): 34 pages. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-20>.
- Bettinger, Patrick, and Benjamin Jörissen. 2022. «Medienbildung». In *Handbuch Medienpädagogik*, edited by Uwe Sander, Friederike von Gross, and Kai-Uwe Hugger, 81–93. Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23578-9_10.
- Blikstein, Paulo. 2013. «Digital Fabrication and «Making». in Education: The Democratization of Invention». In *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*, edited by Julia Walter-Herrmann and Corinne Büching. Bielefeld: transcript.
- Blikstein, Paulo. 2018. «Maker Movement in Education: History and Prospects». In *Handbook of Technology Education*, edited by Marc J. de Vries, 419–37. Springer International Handbooks of Education. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_33.
- BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung). 2023. «UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (Rio-Konferenz 1992)». <https://www.bmz.de/de/service/lexikon/un-konferenz-fuer-umwelt-und-entwicklung-rio-konferenz-1992-22238>.
- Bunke-Emden, Hannah. 2020. «Potenziale von Making-Aktivitäten in informellen Lernumgebungen für die Medienpädagogik: Ergebnisse einer qualitativen Studie im Rahmen der Maker Days for Kids Leipzig». *Medienimpulse* 58 (4): 23 pages. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-11>.
- Capel, Tara, Bernd Ploderer, Margot Brereton, and Meg O'Connor Solly. 2021. «The Making of Women: Creating Trajectories for Women's Participation in Makerspaces». *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 5 (CSCW1): 35:1-35:38. <https://doi.org/10.1145/3449109>.
- Clapp, Edward P., Jessica Ross, Jennifer O. Ryan, and Shari Tishman. 2016. *Maker-Centered Learning: Empowering Young People to Shape Their Worlds*. John Wiley & Sons.
- Council of Europe. 2023. «SDG 4: Ensure Inclusive and Equitable Quality Education and Promote Lifelong Learning Opportunities for All - Congress of Local and Regional Authorities - Publi.Coe.Int». *Congress of Local and Regional Authorities*. <https://www.coe.int/en/web/congress/goal-4>.
- Freund, Lisa, Diotima Bertel, Julia Himmelsbach, Stephanie Schwarz, and Alexander Schmözl. 2023. «Digital Agency: Zum Fehlen grundlagentheoretischer und intersektionaler Perspektiven im Konzept von digitaler Handlungsmacht». *Medienimpulse* 61 (2): 36 pages. <https://doi.org/10.21243/mi-02-23-03>.

- Geser, Guntram, Eva-Maria Hollauf, Veronika Hornung-Prähauser, Sandra Schön, and Frank Vloet. 2019. «Makerspaces as Social Innovation and Entrepreneurship Learning Environments: The DOIT Learning Program». *Discourse and Communication for Sustainable Education* 10 (2): 60–71. <https://doi.org/10.2478/dcse-2019-0018>.
- González-Pérez, Laura Icela, and María Soledad Ramírez-Montoya. 2022. «Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review». *Sustainability* 14 (3): 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>.
- Grimme, Shannon, Jeffrey Bardzell, and Shaowen Bardzell. 2014. «We've Conquered Dark»: Shedding Light on Empowerment in Critical Making. *Proceedings of the NordiCHI 2014: The 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*. <https://doi.org/10.1145/2639189.2641204>.
- Grünberger, Nina. 2020. «Klimaschutz und Digitalisierung als medienpädagogische Verantwortung». In *Bildung und Digitalisierung*, edited by Christine Trültzsch-Wijnen and Gerhard Brandhofer, 181–94. Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783748906247-181>.
- Halverson, Erica Rosenfeld, and Kimberly Sheridan. 2014. «The Maker Movement in Education». *Harvard Educational Review* 84 (4): 495–504. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>.
- Hatano, Giyoo, and Kayoko Inagaki. 1984. «Two Courses of Expertise». In *Child Development and Education in Japan*, edited by Harold W. Stevenson, Hiroshi Azuma, and Kenji Hakuta, 262–272.
- Hatch, Mark. 2014. *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hepp, Andreas, and Friedrich Krotz. 2012. «Mediatisierte Welten: Forschungsfelder und Beschreibungsansätze – Zur Einleitung». In *Mediatisierte Welten: Forschungsfelder und Beschreibungsansätze*, edited by Friedrich Krotz and Andreas Hepp, 7–23. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94332-9_1.
- Hsu, Yu-Chang, Sally Baldwin, and Yu-Hui Ching. 2017. «Learning through Making and Maker Education». *TechTrends* 61 (6): 589–94. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0172-6>.
- Hughes, Janette M., and Kristiina Kumpulainen. 2021. «Editorial: Maker Education: Opportunities and Challenges». *Frontiers in Education* 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.798094>.
- Iwata, Megumi, Kati Pitkänen, Jari Laru, and Kati Mäkitalo. 2020. «Exploring Potentials and Challenges to Develop Twenty-First Century Skills and Computational Thinking in K-12 Maker Education». *Frontiers in Education* 5. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00087>.
- Kinnula, Marianne, Eva Durall, and Lotta Haukipuro. 2022. «Imagining Better Futures for Everybody 2013; Sustainable Entrepreneurship Education for Future Design Protagonists». In *6th FabLearn Europe / MakeEd Conference 2022*, 1–8. FabLearn Europe / MakeEd 2022. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3535227.3535229>.
- Knaus, Thomas, and Jennifer Schmidt. 2020. «Medienpädagogisches Making: ein Begründungsversuch». *Medienimpulse* 58 (4): 50 pages. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-04>.
- Lewis, J. 2019. «Barriers to Women's Involvement in Hackspaces and Makerspaces». Monograph. Sheffield. <https://eprints.whiterose.ac.uk/144264/>.

- Martin, Lee. 2015. «The Promise of the Maker Movement for Education». *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)* 5 (1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>.
- Martin, Lee, and Daniel L. Schwartz. 2009. «Prospective Adaptation in the Use of External Representations». *Cognition and Instruction* 27 (4): 370–400. <https://doi.org/10.1080/07370000903221775>.
- Meissner, Stefan. 2020. «Maker-Literacy: Welche Literalität evoziert die Makerkultur». *Medienimpulse* 58 (4): 32 pages. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-23>.
- Meissner, Stefan. 2022. «Maker-Literacy: Komplexitätskompetenz durch Maker-Education». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* Jahrbuch Medienpädagogik (18): 291–305. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb18/2022.02.28.X>.
- Rieckmann, Marco. 2018. «Die Bedeutung von Bildung für nachhaltige Entwicklung für das Erreichen der Sustainable Development Goals (SDGs)». *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 2018 (02): 4–10. <https://doi.org/10.31244/zep.2018.02.02>.
- Rieckmann, Marco. 2021. «Bildung Für Nachhaltige Entwicklung. Ziele, Didaktische Prinzipien Und Methode». *merz | medien + erziehung* 65 (4): 10–17. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.4.7>.
- Schorb, Bernd. 2022. «Handlungsorientierte Medienpädagogik». In *Handbuch Medienpädagogik*, edited by Uwe Sander, Friederike von Gross, and Kai-Uwe Hugger, 41–55. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23578-9_6.
- Stalder, Felix. 2016. *Kultur der Digitalität*. Originalausgabe. Edition Suhrkamp ; 2679. Berlin: Suhrkamp.
- Strukova, Ludmila, and Thierry Rayna. 2019. «Fostering Skills for the 21st Century: The Role of Fab Labs and Makerspaces». *Academy of Management Proceedings* 2019 (1): 16767. <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2019.16767abstract>.
- UNESCO. 2022. «What you need to know about education for sustainable development». <https://www.unesco.org/en/education/sustainable-development/need-know>.
- United Nations. 2023a. «THE 17 GOALS | Sustainable Development». <https://sdgs.un.org/goals>.
- United Nations. 2023b. «Education». Sustainable Development Knowledge Platform. <https://sustainabledevelopment.un.org/topics/education>.
- Unterfrauner, Elisabeth, Christian Voigt, and Margit Hofer. 2021. «The Effect of Maker and Entrepreneurial Education on Self-Efficacy and Creativity». *Entrepreneurship Education* 4 (4): 403–24. <https://doi.org/10.1007/s41959-021-00060-w>.
- Vuorikari, Riina, Anusca Ferrari, and Yves Punie. 2019. «Makerspaces for Education and Training: Exploring Future Implications for Europe». *JRC Publications Repository*. October 11, 2019. <https://doi.org/10.2760/946996>.
- Weng, Xiaojing, Thomas K. F. Chiu, and Cheung Chun Tsang. 2022. «Promoting Student Creativity and Entrepreneurship through Real-World Problem-Based Maker Education». *Thinking Skills and Creativity* 45 (September): 101046. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101046>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

VReraum – ein interdisziplinärer Makerspace für die Entwicklung von VR-/AR- Lernszenarien

Lisann Prote¹ , Anja Tschiersch¹  und Nina Brendel¹ 

¹ Universität Potsdam

Zusammenfassung

Die wachsende Bedeutung von VR-/AR-Technologien im unterrichtlichen Kontext (z. B. in Fächern wie Geografie, Chemie, Geschichte, Mathematik, Musik oder Informatik) erfordert eine entsprechende Ausbildung angehender Lehrkräfte, um entsprechende Lernszenarien im Unterricht zielgerichtet einsetzen und die Potenziale dieser Lernmedien ausschöpfen zu können. Welche Kompetenzen dafür erforderlich sind und inwiefern dies (fächerübergreifend) in der Hochschullehre gelingen kann, wurde in dem Projekt VReraum qualitativ mithilfe explorativer Forschungsmethoden untersucht. Das zentrale Element des Projekts stellte der interdisziplinäre Makerspace dar, eine neuartige Form der fächerübergreifenden Hochschullehre, die Ressourcen teilt, Kompetenzen der einzelnen Fächer für alle nutzbar macht und übergreifende fachliche und methodische Hilfestellungen anbietet. Nach dem ersten Durchlauf des Projekts, welches von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre gefördert wurde, wurde der Makerspace angepasst und neu strukturiert. Erste Erkenntnisse lagen darin, dass eine Vernetzung der sechs involvierten Fächer nur gelingen kann, wenn eine gewisse Vorstrukturierung der möglichen Schnittstellen zur Nutzung des Makerspace von den Dozierenden erfolgt. Auf diese Weise kann in Zukunft besser auf die Expertise der verschiedenen Fächer zurückgegriffen werden. Als gewinnbringend stellte sich die Erprobung und Evaluation der (selbst entwickelten) VR-/AR- Lernumgebungen in der Schule heraus, die auch im zweiten Durchgang des Projekts Bestandteile einiger Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2023 blieben.

VReraum – An Interdisciplinary Makerspace for the Development of VR/AR Learning Scenarios

Abstract

The growing importance of VR/AR technologies in teaching contexts (e.g. in subjects such as geography, chemistry, history, mathematics, music or computer science) requires appropriate training of prospective teachers in order to be able to use VR/AR learning scenarios in classrooms and to utilise the potential of these learning media



in a meaningful sense. The project VReiraum used explorative research methods to qualitatively investigate the competencies which are required for this and the conditions for success to which this can be achieved (across disciplines) in university teaching. The central element of the project was an interdisciplinary makerspace, which has been adapted and restructured after the first run of the project. Initial findings showed that networking of the six involved subjects can only succeed, if the lecturers pre-structure possible interfaces for using the makerspace. In this way, the expertise of the various subjects can be better utilized in the future. Testing and evaluating (self-developed) learning scenarios in school has proven to be very important and remain a component of several courses in the second run of the project in summer 2023.

1. Maker-Education als innovative Form der Hochschullehre

Die zunehmende Bedeutung von Makerspaces wird in allen Bildungssektoren – von der frühkindlichen Bildung bis zur Erwachsenen- bzw. Hochschulbildung – deutlich. Es liegt nahe, dieses innovative Konzept in die universitäre Lehrkräftebildung zu integrieren, um angehende Lehrkräfte bereits im Studium an neue Lern- und Unterrichtskulturen heranzuführen (Tillmann und Schönfeld 2021; Winter 2020).

Im Zentrum des Projekts *VReiraum*, welches von der Stiftung *Innovation in der Hochschullehre* über einen Zeitraum von einem Jahr an der Universität Potsdam gefördert wurde, stand ein fächerübergreifender VR-/ AR-Makerspace für Lehramtsstudierende. Die Kooperation sechs verschiedener Fachdisziplinen (Geografie-, Geschichts-, Chemie-, Mathematik- und Musikdidaktik sowie Informatik) im Projekt erforderte ein neues Format der Vernetzung und Zusammenarbeit, da die Umsetzung einer Lehrveranstaltung in diesem Fächerverbund nicht realisierbar gewesen wäre. Damit verbunden waren verschiedene Angebote (s. fünf Säulen des Makerspace, Abb. 2), die über reguläre oder kooperierende Lehrveranstaltungen hinausgingen. Auf praktischer Ebene standen Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) im Vordergrund. Diese Technologien sind bereits in allen beteiligten Fächern dieses Projekts in Lehrveranstaltungen integriert und gewinnen auch darüber hinaus im schulischen Kontext, der Wissenschaft und Forschung an Bedeutung (Radianti et al. 2020). Schon jetzt finden beispielsweise 360°-Umgebungen in Form von virtuellen Exkursionen im Geografieunterricht statt. AR-Tools kommen z. B. im Chemieunterricht zur Darstellung von Molekülen oder im Mathematikunterricht für das Modellieren zum Einsatz (Beckmann 2022). Das Fach Geschichte nutzt AR u. a. für Zeitzeugenberichte, die Reisen in eine vergangene Zeit ermöglichen (Westdeutscher Rundfunk 2019). Die Technologien entwickeln sich rasant weiter, wodurch das Potenzial in Zukunft noch weiter ausgeschöpft werden kann, vorausgesetzt, Lehrkräfte fühlen sich im Umgang mit VR-/AR-Lehr-/Lernumgebungen kompetent (KMK 2021). Neben den

Möglichkeiten, die VR-/AR-Technologien im Unterricht bieten, ergeben sich nämlich neue Herausforderungen, die für den Einsatz im Unterricht zu berücksichtigen sind (Zender et al. 2022).

Der im Projekt VReiraum entwickelte Makerspace berücksichtigt die Besonderheit des Lehramtsstudiums, dass Studierende zwei Fächer studieren und so unterschiedliche Zugänge zu VR oder AR erhalten. Diese gezielt zu vernetzen und die Perspektiven sowie das Wissen aller beteiligten Fächer gemeinschaftlich zu nutzen (Ehlers 2020), war der Anstoss und die Kernidee des Projekts. Lehramtsstudierende sollen 360°-Umgebungen, AR oder computergeneriertes VR für ein einzelnes Fach ausprobieren, über die Fächergrenzen hinweg professionelle Kompetenzen für den Einsatz dieser Technologien in ihrem Unterricht erlangen und so fachspezifische wie auch fächerübergreifende Medienkompetenzen für ihren Beruf erwerben. Das *Making* im Projekt VReiraum, d.h. das freie Entdecken von VR-/AR-Technologien und das Gestalten digitaler Produkte in offenen Lernräumen, soll das Unterrichtsverständnis von Lehramtsstudierenden erweitern und ihnen VR-/AR-Einsatzmöglichkeiten sowie fächerübergreifende Perspektiven für ihren eigenen Unterricht aufzeigen. Dabei können sie erste Erfahrungen in der Entwicklung und Erprobung von VR-/AR- Lernszenarien sammeln. Nach Betrachtung des Konzepts eines Makerspace (Stang 2020; Shivers-Mcnaair 2021) stand vor allem die Nutzung gemeinsamer physischer Räume im Zentrum, die häufig über eine technische Ausstattung (wie z. B. 3D-Drucker, (digitale) Werkzeuge, Nähmaschinen etc.) verfügen und so die Gestaltung von Produkten ermöglichen (Schön und Ebner 2020, 39). Das Making wird hierbei teilweise als «informelle[s], nicht formal organisierte[s], auch beiläufige[s] Lernen» (ebd., 33) verstanden.

Für die Lehrenden, die im Projekt tätig waren, ergab sich die Herausforderung und das Projektziel, übergreifende Gelingensbedingungen für den Einsatz von VR/AR zu schaffen. Gleichermassen sollten die Vorgaben der Kultusministerkonferenz Berücksichtigung finden, die (angehende) Lehrkräfte dazu auffordern, «digitale Medien in ihrem jeweiligen Fachunterricht professionell und didaktisch sinnvoll [zu] nutzen sowie [...] inhaltlich reflektieren [zu] können» (KMK 2017, 25). Zudem wird die Bedeutung der fachübergreifenden Zusammenarbeit betont, die zur Medienkompetenz von Lehrkräften beitragen kann (KMK 2017).

Zu diesem Zweck griff das VReiraum-Projekt klassische Elemente der Maker-Education auf: Es standen geteilte Räume mit frei zugänglicher Infrastruktur zur Verfügung, in denen sich Studierende treffen konnten. Alle Lehrveranstaltungen waren produktorientiert angelegt und die Teilnehmer:innen arbeiteten in fächerübergreifenden Teams zusammen. Ebenso war die nicht-materielle Komponente des VReiraum-Makerspace von Bedeutung: die Expertise und die Kompetenzen der beteiligten Personen (s. Abb. 1). Dies können Erfahrungswerte und Know-how

von Studierenden oder Lehrenden sein, Fachwissen der Wissenschaftler:innen auf Grundlage ihrer Forschungen zu VR/AR oder die Emergenz, die durch interdisziplinäre Kooperation entsteht.



Abb. 1: Komponenten des VRReiraum-Makerspace (eigene Darstellung).

Ergebnisse des Makerspace waren konkrete Produkte: 360°-Lernumgebungen, Unterrichtskonzepte und AR-Lehr-Lernmaterialien. Weiterhin erlangten die Studierenden durch die eigenständige Produktion und Praxis-Implementierung von VR-/AR-Lernumgebungen Kompetenzen, Erfahrungswissen und Reflexionsimpulse. Durch die Arbeit in interdisziplinären Teams wurden neben fachspezifischen auch fachübergreifende Kompetenzen angesprochen und die Studierenden gewannen ein umfassenderes Verständnis bezüglich Potenzialen und Herausforderungen von VR/AR im Unterricht. Insgesamt verfolgt das Projekt folgende Ziele:

- Extraktion von Gelingensbedingungen für die Vermittlung VR-/AR-bezogener Kompetenzen anhand des VR-/AR-Makerspace
- Ermittlung erster interdisziplinärer VR-/AR-bezogener Kompetenzen für Lehramtsstudierende

Im Folgenden werden die Bestandteile des VRReiraum-Makerspace vorgestellt, Einblicke in die Gestaltung der drei Lehrveranstaltungen aus dem Wintersemester 2022/2023 gegeben und die Forschungsinteressen sowie die Forschungsmethodik dargestellt. Abschliessend werden Erfahrungsberichte, Ergebnisse und

Anpassungen für das Re-Design des Makerspace und der Lehrveranstaltungen im Sommersemester 2023 präsentiert, die als mögliche Handlungsempfehlungen für die Einrichtung ähnlicher Makerspaces dienen können.

2. Konzeption des VRReiraum-Makerspace

Die Konzeption des VRReiraum-Makerspace verstand den «Makerspace als Lernraum» (Schön und Ebner 2020, 33), wobei auch informelle Lerngelegenheiten erwünscht waren. Zudem stand in manchen Fächern die eigenständige Entwicklung von VR-/AR-Lehr-/Lernumgebungen in einem gemeinsamen (nicht-physischen) Arbeits- oder Lernraum im Zentrum. Dabei wurde auf ein selbstgesteuertes Lernen der Studierenden Wert gelegt, welches von einem Wissensaustausch zwischen unterschiedlichen Fächern geprägt war. Der Interdisziplinarität kam dabei eine besondere Bedeutung zu, um «das Lernen von- und miteinander» (ebd., 36) zu fördern. Dies sollte mithilfe fünf verschiedener Säulen erreicht werden, welche die Prinzipien des *Maker Movement Manifesto* beinhalten (Hatch 2014) und die ursprüngliche Konzeption des VRReiraum-Makerspace im ersten Durchgang darstellen (s. Abb. 2).



Abb. 2: Die fünf Säulen des VRReiraum-Makerspace an der Universität Potsdam zum Wintersemester 2022/2023 (eigene Darstellung).

2.1 Geteilte Räume

Zwei geteilte Räume (VR-Labore), die technisches Equipment (wie z. B. VR-Brillen, 360°-Kameras, Actionkameras, VR-fähigen Laptop) boten, dienten als ‹Werkstatt› und ermöglichten den Studierenden ein aktives, selbstgesteuertes und offenes Lernen und Ausprobieren von Technik in einem ungezwungenen informellen Lernsetting. Unterstützung erhielten sie durch Ansprechpartner:innen beteiligter Fächer, welche die physischen Räume als Lernbegleiter:innen betreuten.

2.2 Feedback von Dozierenden

Studierende, die in das Projekt VReraum durch die zugehörigen Lehrveranstaltungen involviert waren, waren für ihre Projekte, d. h. eigene VR-/AR-Lernumgebungen, selbst verantwortlich. Die Dozierenden der unterschiedlichen Fächer standen für Fragen und Feedback zur Verfügung und konnten im Zuge der Gestaltung eigener Lehr-/Lernumgebungen die Studierenden beraten.

2.3 Studi-Teams/ Netzwerk

Die fächerübergreifenden Studierenden-Teams wurden bei einer Kick-off-Veranstaltung zu Beginn des Semesters vor dem Hintergrund des Peer Learnings gebildet, sollten einen offenen Austausch initiieren sowie zur Vernetzung der Studierenden beitragen. Reflexionsfragen dienten als Impuls für einen fächerübergreifenden Austausch, um Erkenntnisse, Wissen und Perspektiven aus den verschiedenen Lehrveranstaltungen zu teilen und kollaborativ kleinere Arbeitsprodukte zu erstellen. Dadurch konnte Wissen zu VR und AR multiperspektivisch verknüpft und ein interdisziplinäres Lernen gefördert werden.

2.4 Externe Referent:innen

Input-Beiträge externer Referent:innen aus den Bereichen Wissenschaft/Forschung, Bildung sowie VR- und Multimedia-Design wurden angeboten, um neue Perspektiven zu erfahren. Diese sollten zur Horizonterweiterung beitragen und Inspiration für die eigene Arbeit im Makerspace schaffen. Dadurch konnten verschiedene Technologien immersiven Lernens, fachspezifische Möglichkeiten zum Einsatz von VR- und AR-Umgebungen oder kunsthistorische sowie gestalterische Betrachtungsweisen vorgestellt werden.

2.5 Fachspezifische Online-Angebote

Fachspezifische Online-Angebote, z.B. in Form von Tutorials, Leitfäden, Erklärungsvideos etc., verdeutlichten die Perspektiven der unterschiedlichen Fächer auf VR/AR in der Schule und stellten ein weiteres Unterstützungsangebot für Studierende dar. Diese Angebote wurden zum Teil während des Semesters erstellt, um auf die Bedarfe der Studierenden sowie der Dozierenden zu reagieren und das Angebot zu erweitern.

3. Einblicke in die Gestaltung der Lehrveranstaltungen

Neben den fünf Säulen des Makerspace, die im Zentrum des Projekts VReraum standen, haben im Wintersemester 2022/2023 drei verschiedene Lehrveranstaltungen (Chemie-, Geografie- und Geschichtsdidaktik) stattgefunden, die durch den fächerübergreifenden Makerspace des Projekts erweitert wurden. Die geplanten Lehrveranstaltungen der Mathematik- und der Musikdidaktik konnten aus verschiedenen organisatorischen und personellen Gründen nicht wie geplant angeboten werden. Im Rahmen der verschiedenen Lehrveranstaltungen erhielten die Studierenden neben fachlichen Inputs die Möglichkeit, eigenständig auf die Expert:innen der anderen Fächer zuzugehen, um bei Bedarf nach Rat oder Empfehlungen zu fragen.

Zudem wurden Input-Beiträge zu Tools wie *Uptale* oder *BlippAR* von Dozierenden in die Lehrveranstaltung integriert, um Einblicke in fachspezifische Anwendungen zu fördern. Darüber hinaus fand in den Lehrveranstaltungen die Entwicklung praxisnaher VR-/AR-Lehr-/Lernumgebungen im Sinne der Maker Education (Papert und Harel 1991; Schön und Ebner 2020, 38) sowie ein Transfer in die Schulpraxis statt.

Im Folgenden werden nun die Lehrveranstaltungen vorgestellt, um einen detaillierten Eindruck zur Vermittlung von VR und AR in der universitären Lehrkräfteausbildung zu geben.

3.1 Seminar der Geografiedidaktik

Das Projektseminar der Geografiedidaktik zielte darauf ab, Studierende zu befähigen, fachdidaktisch und mediendidaktisch reflektierte 360°-Lernumgebungen für zwei ausgewählte Zielgruppen zu konstruieren und diese im Geografieunterricht zu implementieren und zu evaluieren. Die ersten Seminarsitzungen konzentrierten sich darauf, mithilfe ausgewählter Forschungsaufsätze in eine Diskussion über Einsatzmöglichkeiten und Wirkung von VR, die Reflexion von Raumwahrnehmungen über und in VR sowie die Gestaltung einer «achtsamen» (Mohring und Brendel 2021) VR-Umgebung einzutreten. Auf den so erarbeiteten mediendidaktischen, neurowissenschaftlichen und geografiedidaktischen theoretischen Grundlagen entwickelten die Studierenden eigenständig didaktische Kriterien für die Gestaltung

eigener 360°-Umgebungen. Für die Konstruktion eigener Lernumgebungen war bedeutsam, dass virtuelle Lernumgebungen nicht manipulativ oder überwältigend auf Schüler:innen wirken (Beutelsbacher Konsens), sondern möglichst als sichere Orte (safe spaces) wahrgenommen werden (Southgate et al. 2019; Bustamante Duarte et al. 2021). Nach einer praktischen Einführung in die Benutzung von 360°-Kameras und pädagogisch-didaktischen Überlegungen zur Gestaltung von 360°-Medien (hinsichtlich Standort, Perspektive, eingefangener Atmosphäre oder Konstruktion von Raumerleben) wechselte die Seminargestaltung in eine Workshop-Phase, in der Studierende unter Nutzung des Makerspace, gecoach von der Dozentin und weiterer Expert:innen, ihre Produkte gestalteten. So entstanden vier sehr unterschiedliche 360°-Umgebungen zum Thema *nachhaltige Stadtentwicklung*. Ende Januar übernahmen Studierende zwei Doppelstunden in Leistungskursen zweier Gymnasien, um ihre VR-Exkursion mit Schüler:innen zu testen und zu evaluieren. Das Seminar endete mit einer Reflexion von VR als Medium im Geografieunterricht sowie persönlichen Stellungnahmen.

3.2 Seminar der Chemiedidaktik

Im Wahlpflichtseminar der Chemiedidaktik «Forschung und Entwicklung: AR für den Chemieunterricht gemeinsam mit Lehrkräften entwickeln» lag der Fokus auf der partizipativen Entwicklungsforschung. Ziel war es, ein AR-Lernszenario in enger Zusammenarbeit mit einer Chemielehrkraft (Tandempartner:in) zu gestalten und dieses im Chemieunterricht einzusetzen. Ideen für die AR-Lehr-Lernmaterialien brachten die Lehrkräfte ein, die selbst an einer Fortbildung zum Thema AR für den Chemieunterricht teilgenommen hatten. In den ersten Sitzungen befassten sich die Studierenden mit der Theorie von AR und fachdidaktischen Aspekten zum zielgerichteten Einsatz von AR im Chemieunterricht (Tschiersch et al. 2021). Darüber hinaus erhielten die Seminarteilnehmenden einen Überblick über sozialwissenschaftliche Methoden, um die Erprobung im Unterricht zu evaluieren.

Für die Entwicklung des AR-Lernmaterials setzten sich die Studierenden aktiv mit dem Autorentool *BlippAR* zur Gestaltung von interaktiven AR-Elementen, *PowerPoint* zur Erstellung von dynamischen Animationen und der 3D-Modellierung mittels *TinkerCAD* auseinander. Nach dieser umfangreichen Einführungsphase lag der Schwerpunkt der zweiten Semesterhälfte auf der Entwicklung des AR-Lernmaterials und der Planung der Unterrichtsstunde im regelmässigen Austausch mit den Tandempartner:innen.

Die Seminarsitzungen wurden für Peer-Feedback und für die Entwicklung der AR-Lernumgebungen genutzt. So wurden beispielsweise Arbeitsblätter um interaktive und dynamische (3D-)Animationen oder um ein 3D gedrucktes Reaktionsgefäss

zur Gelelektrophorese, das um ein interaktives AR-Element erweitert wurde. Der Einsatz der AR-Lernmaterialien erfolgte gemeinsam mit der Lehrkraft im Team-teaching am Ende des Semesters.

3.3 Seminar der Geschichtsdidaktik

Im Masterseminar der Geschichtsdidaktik stand die Nutzung und Analyse von VR-/AR-Angeboten im Geschichtsunterricht im Vordergrund mit dem Ziel, bei Schüler:innen historisches Denken zu fördern.

Die Rekonstruktion von geschichtlichen Inhalten mit eigenen VR-/AR-Lernumgebungen war für die Studierenden optional. Sie erhielten in einigen einführenden Sitzungen inhaltliche Inputs zu theoretischen und praktischen Grundlagen von VR/AR, zu fachdidaktischen Überlegungen zum Einsatz von VR- bzw. 360°-Lernumgebungen sowie damit verbundenen Problemfeldern. Anschliessend planten die Studierenden in Gruppen eine Unterrichtsstunde mit bestehenden VR- und 360°-Anwendungen, die sie im Seminar den anderen Studierenden vorstellten. Zudem erhielten die Studierenden Feedback durch das Dozierendenteam, bevor die virtuellen Lernumgebungen im Geschichtsunterricht an Kooperationsschulen getestet wurden. Nach der Erprobung der Lernumgebungen folgte die Analyse und Evaluation der durchgeführten Unterrichtsstunde sowie eine Diskussion über die Potenziale und Herausforderungen von VR im Geschichtsunterricht.

4. Wissenschaftliche Begleitforschung

4.1 Ansatz und methodisches Vorgehen der wissenschaftlichen Begleitforschung

Das Projekt wurde über zwei Semester, welche jeweils einen Zyklus darstellten, mittels einer evaluativen Begleitforschung untersucht, wodurch die Gelingensbedingungen für den zielgerichteten Einsatz von VR/ AR in der Hochschullehre extrahiert werden sollten. Somit war die Begleitforschung durch ein zyklisches Vorgehen, Praxisnähe und die Erforschung während des Prozesses gekennzeichnet. Der Forschungsansatz ist angelehnt an die Designforschung (McKenney und Reeves 2014) und die partizipative Aktionsforschung (James, Milenkiewicz, und Bucknam 2008).

Es wird angestrebt, zum Ende des Projekts erste Erkenntnisse zu VR-/AR-bezogenen Kompetenzen für die Lehrkräftebildung zu generieren. Aktuell können daher noch keine Aussagen zu Kompetenzen getroffen werden.

Während der zwei Zyklen wurde das Konzept des interdisziplinären Makerspace fortwährend evaluiert und überarbeitet. Dabei bediente sich die wissenschaftliche Begleitforschung qualitativer Forschungsmethoden und orientierte sich bei dem

methodischen Vorgehen an den Gütekriterien von Mayring (2016): Verfahrensdokumentation, Argumentative Interpretationsabsicherung, Regelgeleitetheit, Nähe zum Gegenstand, Kommunikative Validierung und Triangulation. Die qualitative Herangehensweise zeigte sich in der Flexibilität, in den kommunikativen Forschungsmethoden und in deren Offenheit, wodurch erste Hypothesen zur Vermittlung von VR-/AR-bezogenen Professionskompetenzen in der universitären Lehrkräftebildung generiert werden sollen (Lamnek und Krell 2016). Der gesamte Forschungsvorgang wurde durch einen wissenschaftlichen Beirat begleitet, der wiederkehrend in den Forschungsprozess durch Beratungen involviert war.

Vor Beginn des Wintersemesters 2022/23 formulierten die Dozierenden Kompetenzziele und eine Kurzbeschreibung ihrer eigenen Lehrveranstaltung. Während des Semesters wurden die Lehrveranstaltungen zweimal beobachtet. Dies diente in erster Linie dazu, die konkrete Umsetzung der einzelnen Lehrveranstaltungen zu protokollieren, um so fächerverbindende Gemeinsamkeiten, fachspezifische Unterschiede und ggf. erste Bedingungen extrahieren zu können. Die Kompetenzziele wurden von den Dozierenden sowie Studierenden am Ende des Semesters reflektiert und analysiert, inwiefern diese erreicht wurden. Diese Besprechungen stellten eine kommunikative Validierung dar.

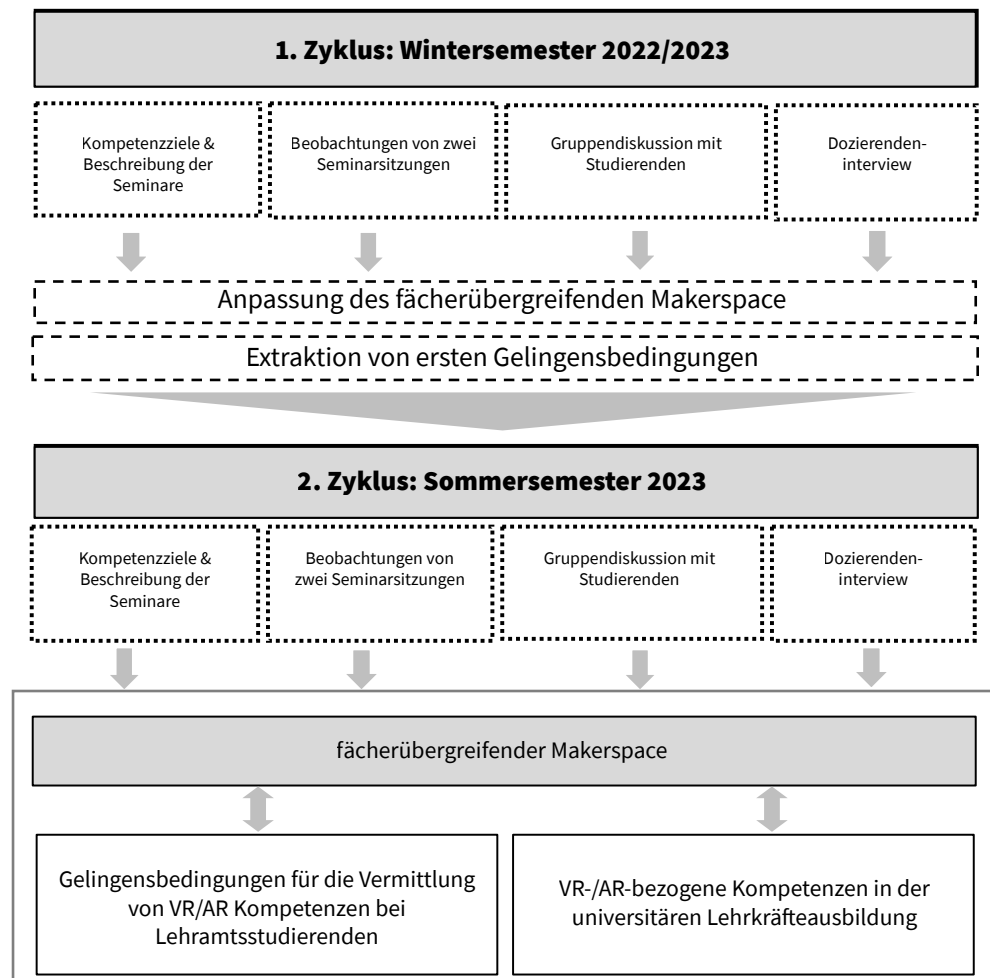


Abb. 3: Forschungsdesign der wissenschaftlichen Begleitforschung (eigene Darstellung).

Zum Semesterende wurden in allen Lehrveranstaltungen Gruppendiskussionen (Helfferrich 2011) mit den Studierenden und separate Leitfadenterviews mit den Dozierenden (ebd.) geführt (s. Abb. 3). Diese waren wesentlich für die Evaluation des ersten Durchlaufs. In beiden Gesprächsformaten wurden u. a. die Angebote und die Nutzung des VR/AR-Makerspace sowie die Gestaltung der Lehrveranstaltung reflektiert. Hierdurch sollten mögliche Erweiterungen bzw. Anpassungen des Makerspace herausgestellt werden. In den Gruppendiskussionen wurde durch Impulsfragen ein Austausch über Erfahrungen und die Haltung der Studierenden zum Einsatz von VR/AR in der Schule initiiert und Bedarfe der Studierenden kommuniziert (z. B. weitere Unterstützungsmöglichkeiten im Makerspace).

Die Auswertung der qualitativen Daten (Transkripte der Gruppendiskussionen und Dozierendeninterviews) wurde mithilfe einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse durchgeführt (Kuckartz 2018). Eine vorerst deduktive Kategorienbildung erfolgte hierbei anhand der Leitfäden der Gespräche und der im Vorfeld formulierten Kompetenzziele. In den Unterkategorien ergaben sich während der Analyse induktive Codes wie z. B. «Probleme» [in der Praxiserprobung]. Darüber hinaus wurde versucht, Bezüge zu den beobachteten Seminarsitzungen und Veranstaltungsbeschreibungen herzustellen. Beobachtungen und Beschreibungen führten mit den zwei Arten der Abschlussgespräche zu einer Datentriangulation, die dazu diente, verschiedene Perspektiven zu berücksichtigen. Im Wesentlichen orientierte sich die Ergebniszusammenfassung entlang der Hauptkategorien (Kuckartz 2018) und soll durch Argumente aus der Theorie gestützt werden. Die Anwendung der Erhebungs- und Auswertungsmethoden fand regelgeleitet statt; Anpassungen im Verfahrensvorgang wurden dokumentiert. Zur Anpassung des Makerspace-Konzepts im Sommersemester 2023 wurden die Ergebnisse der bis dahin erfolgten wissenschaftlichen Begleitforschung genutzt.

4.2 Ausgewählte Ergebnisse des ersten Zyklus

Im Folgenden sollen erste Erkenntnisse der Evaluation des Makerspace nach dem ersten Zyklus dargestellt werden.

4.2.1 Geteilte Räume

Die geteilten Räume wurden von den Studierenden weniger genutzt als erhofft, da für sie z. T. keine Notwendigkeit bestand oder sie bereits bestehende 360°-Umgebungen nutzten und somit keine technische Unterstützung vonnöten war. In den Gruppendiskussionen kam jedoch zum Ausdruck, dass die Studierenden gerne mehr praktische Erfahrungen z. B. im Umgang mit VR-Brillen gesammelt hätten, wofür sich die geteilten Räume anboten. Auch wenn der interdisziplinäre Austausch über die Räume kaum gelang, wurde *ein* VR-Labor von den Studierenden des Geografiedidaktik-Seminars während der fakultativen Sitzungen stark frequentiert.

4.2.2 Feedback von Dozierenden

Es stellte sich heraus, dass die Studierenden nur wenig Rückmeldung von den Dozierenden erfragten. Mehrere fachspezifische technische Input-Beiträge in den Lehrveranstaltungen, beispielsweise von der Informatik zu den Tools *Uptale* und *Unity*, wurden von den Studierenden und Dozierenden als sehr wertvoll empfunden.

Demnach scheint es sinnvoll zu sein, die Unterstützung der Dozierenden anstelle der Feedbackmöglichkeit (Säule 2, *Feedback von den Dozierenden*, in Abb. 2) in Form einer Support-Struktur in die Seminare zu integrieren.

4.2.3 Studierendenteams

Die Impulsfragen, die in den Studierendenteams bearbeitet wurden und einem interdisziplinären Austausch dienen sollten, wurden von diesen mehrheitlich als «Zusatzaufgabe»¹ wahrgenommen. Dennoch wurde der Ansatz positiv, d. h. «die Idee an sich von interdisziplinären Studi-Teams [...] ganz gut»² bewertet,

«weil man [...] dann auf einer Augenhöhe nochmal diskutieren kann, einfach andere Einblicke bekommt und vielleicht auch andere Inputs, [...] was aber trotzdem auf das eigene [Fach; Ergänzt. d. Verf.], zumindest teilweise anwendbar ist.»¹

Studierende empfanden es als «interessant»,¹ «eine/n andere/n Ansprechpartner[:in] aus einem anderen Fach zu haben.»¹ So konnten Geschichtsstudierende Geografiestudierenden während der Gestaltung einer Lernumgebung weiterhelfen.¹ Zudem berichteten sie, dass sie den Austausch, sofern er stattgefunden hat, mochten.^{1,3} Darüber hinaus erfolgte eine interdisziplinäre Betrachtung über die in das Projekt involvierten Fächer hinaus, da Studierende beispielsweise ihre «Zweifächer»¹ in das Blickfeld rückten und gemeinsam überlegten «wie ist es denn in Latein, wie ist es in Deutsch, wie könnte man das da einsetzen, warum setzen die [Fächer] es nicht ein?»¹

Insofern konnten die Studierendenteams zum Teil ihren gewünschten Zweck erfüllen und einen Beitrag zu einer fächerübergreifenden Betrachtung von VR/ AR im Unterricht leisten.

4.2.4 Externe Referent:innen

Die Input-Beiträge durch externe Referent:innen wurden von den Studierenden im Wintersemester wenig genutzt. Gründe hierfür lagen laut den Studierenden z. B. in der zeitlichen Organisation oder darin, dass sie nicht an einem zusätzlichen Input interessiert waren. Eine Gruppe von Geschichtsstudierenden berichtete beispielsweise, sie seien «gut zurechtgekommen»¹ und hätten somit «kein extra Input gebraucht»³. Im Gegenzug stellte sich die grosse Bedeutung der Input-Beiträge für die Dozierenden heraus, die diese Beiträge als grossen Mehrwert einstufte und über

1 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

2 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geografiedidaktik.

3 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Chemiedidaktik.

deren Inhalte diskutieren konnten. Er ermöglichte ihnen, die Arbeitsweise und Haltung der anderen Dozierenden besser einzuschätzen und die Seminare so besser aufeinander abzustimmen. Daher wird dieses Angebot des Makerspace weiterhin bestehen bleiben, jedoch vorwiegend als Angebot für Dozierende eingeordnet.

4.2.5 Fachspezifische (Online-)Angebote

Die meisten Studierenden und Dozierenden äusserten sich «interessiert»^{4,5} an den Arbeitsergebnissen der anderen Fächer und gaben an, dass «es echt cool [wäre], auch wirklich die anderen Produkte [aus den Lehrveranstaltungen; d. Verf.] zu sehen.»⁶ In diesem Zusammenhang wurde der Wunsch nach einer Art Pool von den Studierenden geäussert und als «hilfreich»⁷ erachtet, um die vielfältigen Arbeitsprodukte zu betrachten und zu einem späteren Zeitpunkt darauf zurückgreifen zu können. So könnten andere Unterrichtskonzepte und -ideen sowie 360°-Lernumgebungen u. U. auch für den Unterricht im Zweitfach oder «Vertretungsstunden»⁸ von Bedeutung sein. Dieser Pool wurde über einen gemeinsamen Kurs und einen virtuellen Ausstellungsraum realisiert.

Obwohl nicht alle Säulen des Makerspace von den Studierenden gleich stark genutzt wurden, gab es vermehrt positive Rückmeldungen zur fächerübergreifenden Vernetzung der Lehrveranstaltungen. In allen Abschlussveranstaltungen wurde von den Studierenden der Vorschlag einer gemeinsamen, parallelen Seminarzeit geäussert, um eine «tiefere Zusammenarbeit»⁷ zu ermöglichen. Dies ist nach Auskunft der Dozierenden^{4,5} jedoch schwierig, da durch die Vielzahl der Studierenden und Dozierenden eine gemeinsame Umsetzung der Lehrveranstaltungen zur selben Zeit nicht realisierbar ist. Als grössten «Motivator»⁷ bzw. «das Wichtigste»⁶ empfanden die Studierenden trotz des Mehraufwands in Organisation und Vorbereitung der Unterrichtsstunde die Erprobung in der Schule.⁸

Von den Studierenden wurde eine «gewisse Seniorität»⁵ gefordert, da Eigenständigkeit sowie Verantwortungsbereitschaft für die Entwicklung der Lernumgebungen sowie für die Erprobung in der Schule unabdingbar waren, um das Vorgehen mit den involvierten Lehrkräften in der Schule abzustimmen. Zudem war es förderlich, dass die Studierenden im fortgeschrittenen Masterstudium waren, sodass im Seminar Themen wie z. B. der Aufbau einer Unterrichtsstunde nicht mehr grundlegend behandelt werden mussten.^{5,9} Insbesondere die Entwicklung der VR-/AR-Lernprodukte

4 Dozierende des Geschichtsdidaktikseminars.

5 Dozierende des Geografiedidaktikseminars.

6 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geografiedidaktik.

7 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

8 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Chemiedidaktik.

9 Dozierende des Chemiedidaktikseminars.

bzw. die Planung der VR-/AR-Lernszenarien verlangte von den Studierenden ein gutes Zeitmanagement und Eigeninitiative, um beispielsweise Unterstützungsmöglichkeiten zu erfragen und anzunehmen.

Dozierende nahmen den Austausch und die Diskussionen untereinander als «wertvoll»⁵ und «sehr wichtig»^{5,9} wahr. Diese beinhalteten u. a. einen Erfahrungsaustausch sowie fachdidaktische Beratungen zur Gestaltung der VR-/AR-bezogenen Lehrveranstaltungen. Zudem wurde die Unterstützung durch fachfremde Dozierende innerhalb der eigenen Lehrveranstaltung als Bereicherung angesehen. In diesem Rahmen wurde zum Beispiel im Geschichtsseminar die Erstellung von AR-Elementen durch die Dozentin der Chemiedidaktik vorgestellt.

Weiterhin stellte sich heraus, dass die Involviertheit der Dozierenden in das Projekt einen grossen Anteil daran hat, inwieweit eigene Lehrveranstaltungen an projektbezogene Vorhaben (wie z. B. fächerübergreifende Zusammenarbeit) angepasst werden und eine Vernetzung von Studierenden unterschiedlicher Fachdisziplinen gelingt.

«[D]ie grosse Frage war: Wie viel sind Dozierende bereit, ihre Lehrveranstaltung anzupassen an ein übergeordnetes Projekt und wie flexibel sind sie und wie viel Herzblut ist da drin, wie viel Engagement? Und ich glaube, das ist eine[] der [...] Hauptgelingensbedingungen für so ein interdisziplinäres Projekt: Offenheit, Mut, Kreativität, Flexibilität.»¹⁰

Dabei ist jedoch zu beachten, dass die universitären Vorgaben sehr heterogen sind, die Flexibilität der involvierten Fächer einschränken und unterschiedlich grossen Gestaltungsspielraum bieten.

Aus der bisherigen Auswertung der Daten lassen sich erste Gelingensbedingungen für einen fächerübergreifenden Makerspace (s. Abb. 4) und die Vermittlung VR-/AR-bezogener Kompetenzen in der Lehrkräfteausbildung sowie Anpassungsmöglichkeiten für den Makerspace im Sommersemester ableiten, die nun vorgestellt werden sollen.

Die fächerübergreifende Zusammenarbeit im Projekt erforderte Anpassungsbereitschaft und Flexibilität bei Dozierenden, um auf Bedarfe von Studierenden zu reagieren und die Angebote des Makerspace gemeinsam zu gestalten. In den Projektseminaren wurde den Studierenden von Beginn an Verantwortung für die Entwicklung eigener virtueller Lernumgebungen übertragen. Zudem mussten sie auf didaktisches Vorwissen und Fachwissen zurückgreifen. Die Erprobung der jeweiligen Lernumgebung in der Schule erforderte ein selbstständiges Arbeiten und Engagement, weshalb Verantwortungsbereitschaft, Partizipation und Seniorität bei Studierenden vorteilhaft waren. Die teilnehmenden Studierenden empfanden den Bezug zur Schule als äusserst wertvoll. Dies trug zur Motivation bei, sich mit neuen

10 Dozierende des Geografiedidaktikseminars.

Technologien im Hinblick auf die Schule auseinanderzusetzen (Praxisbezug). Der fächerübergreifende Austausch, die gegenseitige Unterstützung (kollegiale Intervention) und interdisziplinäre Austauschmöglichkeiten stellten sich für die Dozierenden in der Evaluation und Anpassung der Lehrveranstaltungen als gewinnbringend heraus.



Abb. 4: Erste Gelingensbedingungen zur Vermittlung von VR-/AR-bezogener Kompetenzen in einem fächerübergreifenden Projekt (eigene Darstellung).

4.3 Anpassung des Makerspace für das Sommersemester

Aufgrund der Tatsache, dass ein fächerübergreifender VR-/AR-Makerspace im Vorfeld noch nicht an der Universität Potsdam umgesetzt worden war, war das Format wegen seiner Offenheit und Andersartigkeit neu für die Studierenden (und Dozierenden) und ermöglichte so eine Vielzahl an Möglichkeiten. Es kamen jedoch ebenso vielfältige Herausforderungen zum Ausdruck.

Eine davon war die Offenheit des Makerspace, die Studierende vor Herausforderungen stellen kann, da diese mit den Strukturen nicht vertraut sind und sich an die offene Form des Lernsettings Schritt für Schritt herantasten mussten (Schön und Ebner 2020, 40). Hinzu kam, dass die Themen VR und AR im Projekt VReraum für die meisten Studierenden im universitären Kontext neu waren. Vor diesem Hintergrund entwickelte sich bei den Studierenden aus einer anfänglichen Unsicherheit am Ende des Semesters die Erkenntnis, dass VR/AR «Potenzial [hätte].»¹¹

¹¹ Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

Zudem wurde deutlich, dass eine gewisse Vorstrukturierung des Makerspace bzw. der fächerübergreifenden Vernetzung von den Studierenden gewünscht ist. Die Säule 3 «Studi-Teams/Netzwerk» (Abb. 2) war deshalb nicht erneut Bestandteil des Makerspace, weil ihnen die Arbeit in Teams, so die Studierenden, wenig Mehrwert brachte und der interdisziplinäre Austausch nur bedingt gelungen sei. Dies lag u. a. daran, dass die Zusammensetzung der Teams aufgrund unterschiedlicher Teilnehmer:innenzahlen der Lehrveranstaltungen nicht immer für einen überfachlichen Austausch geeignet war. Im Sommersemester wurde die Vernetzung von Studierenden und Dozierenden stattdessen über eine *Ideen-Werkstatt* während des Semesters (s. Abb. 5: neue Säule *Vernetzungs- und Dokumentationsplattform*) für die Studierenden des Sommersemesters sowie die Studierenden des Wintersemesters mit allen Dozierenden umgesetzt. Dabei konnten Arbeitsprodukte aus dem vergangenen Semester vorgestellt, Erfahrungen ausgetauscht und Fragen von Studierenden beantwortet werden. Dafür entfiel eine Kick-off-Veranstaltung, die im Wintersemester zu Beginn stattgefunden und nicht den gewünschten Zweck einer Vernetzung von Studierenden erfüllt hatte.

Die Verantwortung für das Gelingen der fächerübergreifenden Kooperation im Projekt wurde insgesamt von der Ebene der Studierenden (Studi-Teams) mehr auf die Ebene der Dozierenden verlagert. Ebenso stellten die wiederkehrenden Treffen der Dozierenden zur Besprechung des weiteren Vorgehens und zur Evaluation eine essenzielle Komponente des Makerspace dar, sodass diese im Sommersemester als eine Säule des Makerspace aufgegriffen wurde (s. Abb. 5; neue Säule (3) *Dozierenden-Netzwerk*). Es ist von besonderer Bedeutung, dass zunächst die Vernetzung zwischen den Dozierenden gefördert wird, woran anschliessend auch eine Vernetzung und Kollaboration unter Studierenden gelingen kann.

So berichteten die Studierenden beispielsweise, dass es Phasen gab, in denen sie weniger zu tun hatten und wiederum Phasen, in denen die Arbeitsbelastung (und z. T. Überforderung) relativ hoch war, sodass kaum Zeit für Zusatzangebote (wie z. B. Erprobung von Technik in den geteilten Räumen oder Expert:innen-Beiträge) blieb. Durch das agile Projektmanagement konnte daher auf die Bedürfnisse und Wünsche der Studierenden und Projektbeteiligten flexibel reagiert und nach gewinnbringenden Lösungen für alle Beteiligten gesucht werden.

Fachspezifische Online-Angebote sollten bestehen bleiben, da diese von allen Beteiligten als Mehrwert angesehen wurden. Allerdings wurden diese unter der neuen Säule (2) *Support-Struktur* gefasst, worunter auch Unterstützung sowie Betreuung in den geteilten Räumen subsumiert waren. Die verschiedenen Unterstützungsangebote erfolgten bedarfsorientiert und konnten im Sommersemester noch ausgeweitet werden, da drei neue Lehrveranstaltungen (Mathematik- und Musikdidaktik sowie Informatik) zu den Seminaren der Geografie- und Geschichtsdidaktik hinzukamen.



Abb. 5: Angepasster Makerspace im Sommersemester 2023 (eigene Darstellung).

Dadurch wurde einerseits den Wünschen der Studierenden aus dem Wintersemester Rechnung getragen; andererseits wurde eine gewisse Anpassungsbereitschaft bei den Dozierenden erforderlich, da Seminarinhalte ggf. gekürzt oder mit anderen fachspezifischen Perspektiven verbunden werden mussten. Im Wintersemester stellte sich im Seminar zur Geografiedidaktik heraus, dass insbesondere die fakultativen Coachings der Dozentin von den Studierenden sehr gut angenommen wurden. So konnten sie die Arbeitszeit vor Ort produktiv nutzen, das Feedback der Dozentin direkt in die Entwicklung ihrer 360°-Lernumgebungen einfließen lassen, eine gewisse Problemlösekompetenz oder Frustrationskompetenz stärken, um bei Herausforderungen eigenständig nach Lösungen zu forschen.

Zudem war eine stärkere Verzahnung des Makerspace mit den Lehrveranstaltungen notwendig, um die praktische Arbeit – das Ausprobieren und Entdecken der Technik – mit den theoretischen Inhalten der Seminare zu verknüpfen. Darüber hinaus berichteten die Studierenden aller drei Seminare, dass insbesondere der Einsatz der virtuellen Lernumgebungen in der Schule einen grossen Mehrwert für sie hatte und bestehen bleiben sollte. So formulierten sie in den Abschlussdiskussionen, dass «man darauf reagieren [muss], dass die Kids mehr mit Medien arbeiten»¹² und dass sich bei ihnen nach dem Semester «ein Bewusstsein aufgebaut [hat], wie man Themen in Geschichte damit [mit 360°-Umgebungen, Ergänz. d. Verf.] kombinieren

12 Gruppendiskussion der Studierenden aus dem Seminar der Geschichtsdidaktik.

kann».¹² Der Einsatz der virtuellen Lernumgebungen in der Schule wurde als «prägend»¹² beschrieben. In ersten Ansätzen konnten durch das Konzept des VR-/AR-Makerspace sowie die Erprobungen in der Schulpraxis Kompetenzen wie z. B. Reflexionsfähigkeit, kritisches Denken sowie Gestaltungskompetenz und Antizipationsfähigkeit bei Studierenden festgestellt werden, wenn beispielsweise Inhalte virtueller Lernumgebungen ausgewählt, analysiert oder für den Unterricht didaktisch aufbereitet wurden.

5. Fazit

Nach dem ersten Zyklus des Projekts VRReiraum liessen sich diverse Erkenntnisse festhalten, die im zweiten Zyklus berücksichtigt wurden. Insbesondere durch die Abschlussdiskussionen mit den Dozierenden und mit den Studierenden stellte sich heraus, dass manche Angebote des Makerspace aus verschiedenen Gründen nur bedingt angenommen wurden, weil sie anders waren als von den Dozierenden intendiert oder weil sie für die Vernetzung nicht zielführend waren. So wurden konkrete Anpassungsmöglichkeiten für das Sommersemester deutlich. Dadurch wurden Änderungen an dem Konzept des Makerspace vorgenommen, um eine stärkere Verbindung von Theorie und Praxis zu fördern. Zugleich müssen hochschulinterne Rahmenbedingungen und verschiedene Interessenlagen beachtet werden, welche die interdisziplinäre Zusammenarbeit einschränken können.

Um einen fächerübergreifenden VR-/AR-Makerspace an einer Hochschule zu etablieren, ist einerseits die Kooperation von Dozierenden notwendig, andererseits die kritische Reflexion von Inhalten eigener Lehrveranstaltungen und von Angeboten des Makerspace. Darüber hinaus war für die Studierenden des Lehramts ein Praxisbezug sowie der Kontakt zu Lehrkräften und Schüler:innen sehr gewinnbringend, der teilweise und zuletzt aufgrund der Corona-Pandemie in der universitären Lehrkräfteausbildung zu kurz gekommen war. Austauschmöglichkeiten für Dozierende (Dozierenden-Peer-Feedback/ Intervision) und externe Expert:innen stärkten die Zusammenarbeit. Zudem wurden fächerübergreifende Austauschmöglichkeiten von den Studierenden als wertvoll eingestuft.

Die Koordination dieser Austauschmöglichkeiten sollte jedoch im Sommersemester stärker von den Dozierenden gelenkt werden, wodurch sich der Verantwortungsbereich verschob. Um die Entwicklung von eigenen Lernumgebungen zu ermöglichen, eignen sich neben festen Terminen in den Lehrveranstaltungen, die vermehrt theoretische Inputs umfassen, freie, offen gestaltete, fakultative Arbeitsphasen mit Workshop-Charakter, in denen Studierende eigenständig zusammenarbeiten und beispielsweise 360°-Aufnahmen tätigen können.

Für die Gestaltung eines fächerübergreifenden Makerspace zur Vermittlung von VR-/AR-bezogenen Kompetenzen im Lehramtsstudium ergeben sich daher aus dem ersten Zyklus erste Gelingensbedingungen (s. Abb. 4):

- Anpassungsbereitschaft und Flexibilität bei Dozierenden
- Verantwortungsbereitschaft, Seniorität und Partizipation bei Studierenden
- Praxisbezug
- Interdisziplinäre Austauschmöglichkeiten
- Gegenseitige Unterstützung und kollegiale Intervention

Der zweite Durchlauf des Projekts wurde mit einer Abschlussveranstaltung zur Präsentation und Diskussion der Arbeitsergebnisse sowie Erfahrungen mit allen Projektbeteiligten und externen Interessent:innen beendet. Die Ergebnisse des zweiten Zyklus sowie eine Gesamtreflexion des Projekts sind bei Prote, Brendel und Tschiersch (2024) nachzulesen. Durch das positive Feedback aller Projektbeteiligten bleibt zu hoffen, dass mit dem VReiraum-Makerspace ein innovatives Format der universitären Lehrkräftebildung geschaffen wurde, das auch in andere Kontexte und auf andere Standorte übertragbar ist.

Literatur

- Beckmann, Astrid. 2022. «Zur Bedeutung von Augmented Reality im Mathematikunterricht der Sekundarstufen: Eine mathematikdidaktische Diskussion an zentralen unterrichtsrelevanten Aspekten». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 53–75. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.03.X>.
- Bustamante Duarte, Ana Maria, Mehrnaz Ataei, Auriol Degbelo, Nina Brendel, und Christian Kray. 2021. «Safe Spaces in Participatory Design with Young Forced Migrants». *CoDesign* 17 (2): 188–210. <https://doi.org/10.1080/15710882.2019.1654523>.
- Ehlers, Ulf-Daniel. 2020. *Future Skills. Lernen der Zukunft – Hochschule der Zukunft. Zukunft der Hochschulbildung – Future Higher Education*. Wiesbaden: Springer.
- Hatch, Mark. 2014. *The maker movement manifesto: rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. New York: McGraw-Hill Education.
- Helfferrich, Cornelia. 2011. *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. 4. Aufl. Lehrbuch. Wiesbaden: VS.
- James, E. Alana, Margaret T. Milenkiewicz, und Alan Bucknam. 2008. *Participatory action research for educational leadership: using data-driven decision making to improve schools*. Los Angeles: Sage Publications.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz.

- Kultusministerkonferenz KMK. 2017. *Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.
- Kultusministerkonferenz KMK. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz «Bildung in der digitalen Welt»». 2021. Berlin: Kultusministerkonferenz.
- Lamnek, Siegfried, und Claudia Krell. 2016. *Qualitative Sozialforschung: mit Online-Material*. 6., überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.
- Mayring, Philipp. 2016. *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- McKenney, Susan, und Thomas C. Reeves. 2014. «Educational Design Research». In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, herausgegeben von J. Michael Spector, M. David Merrill, Jan Elen, und M. J. Bishop, 131–40. New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11.
- Mohring, Katharina, und Nina Brendel. 2021. «Producing Virtual Reality (VR) Field Trips – a Concept for a Sense-Based and Mindful Geographic Education». *Geographica Helvetica* 76 (3): 369–80. <https://doi.org/10.5194/gh-76-369-2021>.
- Papert, Seymour, und Idit Harel. 1991. «Preface, Situating Constructionism». In *Constructivism: research reports and essays, 1985–1990*, herausgegeben von Idit Harel, Seymour Papert, und Massachusetts Institute of Technology. Norwood, N.J.: Ablex Pub. Corp.
- Prote, Lisann, Nina Brendel, und Anja Tschiersch (im Erscheinen). 2024. «VReraum – ein interdisziplinärer Makerspace in der Hochschullehre im Spiegel der Future Skills». *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 19 (1), herausgegeben von Pascale Stephanie Petri, René Krempkow, Martin Ebner, Bernadette Spieler und Barbara Getto. Graz: fnma.
- Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- Schön, Sandra, und Martin Ebner. 2020. «Ziele von Makerspaces: Didaktische Perspektiven». In *Lernwelt Makerspace*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl, und Richard Stang, 33–47. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994-004>.
- Shivers-Mcnair, Ann. 2021. *Beyond the makerspace: making and relational rhetorics. Sweetland digital rhetoric collaborative*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Southgate, Erica, Shamus P. Smith, Chris Cividino, Shane Saxby, Jivvel Kilham, Graham Eather, Jill Scevak, David Summerville, Rachel Buchanan, und Candace Bergin. 2019. «Embedding Immersive Virtual Reality in Classrooms: Ethical, Organisational and Educational Lessons in Bridging Research and Practice». *International Journal of Child-Computer Interaction* 19 (März): 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002>.
- Stang, Richard. 2020. «Makerspace als Lehr- und Lernraum. Zur Gestaltung eines Optionsraums». In *Lernwelt Makerspace: Perspektiven im öffentlichen und wissenschaftlichen Kontext*, herausgegeben von Viktoria Heinzl, Tobias Seidl und Richard Stang, 48–56. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665994>.

- Tillmann, Thomas, und Jan Schönfeld. 2021. *Lernhacks: mit einfachen Routinen Schritt für Schritt zur agilen Lernkultur*. München: Franz Vahlen.
- Tschiersch, Anja, Manuel Krug, Johannes Huwer, und Amitabh Banerji. 2021. «Augmented Reality in Chemistry Education – an Overview». *CHEMKON* 28 (6): 241–44. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100009>.
- Westdeutscher Rundfunk*. 2019. «Gegen das Vergessen – Zeitzeugen als Hologramm im Klassenzimmer», 18. Februar 2019. <https://www1.wdr.de/unternehmen/der-wdr/unternehmen/augmented-reality-app-wdr-zeitzeugen-100.html>.
- Winter, Felix. 2020. *Leistungsbewertung. Eine neue Lernkultur braucht einen anderen Umgang mit den Schülerleistungen*. Bd. 49. Grundlagen der Schulpädagogik. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Zender, Raphael, Josef Buchner, Caterina Schäfer, David Wiesche, Kathrin Kelly, und Ludger Tüshaus. 2022. «Virtual Reality für Schüler:innen: Ein ›Beipackzettel‹ für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 26–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

Gelingensbedingungen für die affektive Förderung von Kindern durch einen Robotik-Making-Kurs

**Befunde zum Zusammenhang von Schwierigkeiten und Spass und deren
Diskussion aus motivationspsychologischer Sicht**

Luisa Greifenstein¹ , Ewald Wasmeier¹ , Ute Heuer¹  und Gordon Fraser¹ 

¹ Universität Passau

Zusammenfassung

Algorithmisches Denken wird vermehrt bereits in der Grundschule gefördert. Während diese aktuelle Entwicklung die Lehrkräfte insbesondere bei der Unterstützung der Schüler:innen vor Herausforderungen stellt, liegt eine besondere Chance in der Förderung von affektiven Komponenten wie Interesse und Motivation. Dazu werden häufig spielerische und handlungsorientierte Methoden und Aufgaben eingesetzt, wofür sich wiederum der Ansatz der Maker-Education besonders eignet. In diesem Beitrag wird daher ein Robotik-Making-Kurs beschrieben und werden erste empirische Befunde diskutiert. In dem Kurs baute jedes Kind in vier Stunden seinen eigenen Roboter zusammen, indem es selbsttätig schraubte, steckte, verleimte, lötete und verkabelte. In weiteren vier Stunden wurde der Roboter mithilfe einer kindgerechten Entwicklungsumgebung programmiert. Um Gelingensbedingungen für affektiv förderliche Unterstützungsmaßnahmen abzuleiten, führten wir eine Studie mit 45 Kindern im Alter von neun bis elf Jahren durch. Dazu wurden die Schwierigkeiten der Kinder während des Zusammenbauens und des Programmierens notiert. Daraus konnten mehrere Kriterien abgeleitet werden, die zu häufigen Schwierigkeiten führen. Zudem wurde jeweils nach Abschluss des Bauens und des Programmierens der erlebte Spass als Vorstufe intrinsischer Motivation abgefragt. So konnte festgestellt werden, dass Schwierigkeiten, die die Autonomie oder das Kompetenzerleben einschränken, mit vermindertem Spass einhergehen. Abschliessend werden daher Handlungsempfehlungen diskutiert, die affektiv förderliche Making-Aktivitäten im Unterricht ermöglichen sollen.

**Promoting Affective Components of Children by a Maker Course on Robotics.
Findings on the Relation of Difficulties and Fun and Their Discussion from a
Motivational Perspective**

Abstract

Computational thinking is increasingly fostered in primary schools. While this current development can be challenging for teachers, especially regarding the support of students, there is a huge opportunity in promoting affective components such as interest and motivation. Playful and action-oriented methods and tasks are often used which is why the maker education approach is particularly suitable. This paper describes a making course on robotics and discusses initial empirical findings. During the course, all children built their own robot in four hours by screwing, plugging, gluing, soldering and wiring on their own. In another four hours, the robot was programmed with the help of a child-friendly development environment. In order to derive criteria for promoting children affectively, we conducted a study with 45 children aged nine to eleven years. The children's difficulties during building and programming the robot were noted. By this, several criteria could be derived that lead to frequent difficulties. In addition, the children were asked about their fun (as a preliminary stage of intrinsic motivation) after they had finished building and programming. By this, we found that difficulties that limit autonomy or competence are related to reduced fun. Practical recommendations that enable making activities in the classroom that promote affective components are discussed.

1. Einführung

Informatische Inhalte werden vermehrt bereits in der Grundschule verankert (Döbeli Honegger und Hielscher 2017; Heintz, Mannila, und Färnqvist 2016; Nenner und Bergner 2022). Dies stellt sowohl die Lehrkräftebildung (Döbeli Honegger und Hielscher 2017) als auch die Grundschullehrkräfte (Greifenstein, Graßl, und Fraser 2021; Sentance und Csizmadia 2017) vor grosse Herausforderungen. Gleichzeitig haben selbst (Fach-)Lehrkräfte an weiterführenden Schulen teilweise Schwierigkeiten mit der Unterstützung von Schüler:innen während des Unterrichts (Michaeli und Romeike 2019; Yadav et al. 2016). Die algorithmische Förderung von Grundschulkindern geht aber auch mit Chancen einher, insbesondere im affektiven Bereich (Greifenstein, Graßl, und Fraser 2021). Hierfür bieten sich spielerische und handlungsorientierte Lernaktivitäten an, die in der Grundschule häufig eingesetzt werden (Hailey et al. 2016) und für die sich der Ansatz der Maker-Education besonders eignet (Ingold und Maurer 2019). Aufgrund der genannten Chancen und Herausforderungen sollten Lehrkräfte unterstützt werden, Feedback zu geben und dieses

affektiv förderlich zu vermitteln. In diesem Beitrag werden daher ein Robotik-Making-Kurs und die den Lernenden zur Verfügung stehende Unterstützung vorgestellt sowie (1) aufgetretene Schwierigkeiten und (2) deren Zusammenhang mit dem erlebten Spass untersucht. Das häufige Auftreten bestimmter Schwierigkeiten lässt sich anhand der Notizen der Betreuenden auf die Mehrschrittigkeit der Problemlösung, die Komplexität des Problems und die Vorerfahrungen der Kinder zurückführen. Darüber hinaus zeigte sich, dass Schwierigkeiten, die die Autonomie oder das Kompetenzerleben einschränken, mit vermindertem Spass einhergehen. Positive Emotionen wie Spass sind jedoch notwendig, um für das Lernen hilfreiche intrinsische Motivation und Interesse zu entwickeln (Deci und Ryan 1993; Renninger 2009). Deswegen werden abschliessend Handlungsempfehlungen für einen affektiv förderlichen Unterricht durch die Ermöglichung von Autonomie und Kompetenzerleben abgeleitet.

2. Physical Computing in der Grundschule

2.1 Informatische Inhalte in der Grundschule

Bereits seit mehreren Jahren wird die Verankerung informatischer Inhalte in den Grundschullehrplänen gefordert. Aktuell fordert auch die Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK), dass «ausgewählte Aspekte der Informatik (neben der Medienkompetenz) für den Sachunterricht fest zu verankern sind» (Köller et al. 2022). In der Schweiz (Döbeli Honegger und Hielscher 2017) und in der Hälfte der deutschen Bundesländer sind informatische Inhalte bereits verankert (Nenner und Bergner 2022). Dabei wird insbesondere der Themenbereich Algorithmen und Programmierung thematisiert (ebd.), der auch einen Inhaltsbereich der «Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich» darstellt (Best et al. 2019). Der vorliegende Kurs greift diesen Inhaltsbereich auf und setzt ihn anhand des Physical Computing um. Physical Computing ist dabei nicht nur eine Variante von Programmieraktivitäten, sondern kann zudem die Umsetzung und Reflexion von interaktiven Objekten mithilfe von Hard- und Software einschliessen (Przybylla und Romeike 2014). Die Orientierung am Produkt passt wiederum zu den Maximen der Making-Bewegung, die die Erstellung und Weiterentwicklung von Produkten fokussiert (Ingold und Maurer 2019).

2.2 *Physical Computing im Bildungskontext*

Physical Computing wird häufig als Variante zur Einführung in die Programmierung genutzt und eröffnet weitere Möglichkeiten wie den Einbezug des Konstruierens oder von Sensoren und Aktoren (Przybylla und Romeike 2014). Für das Physical Computing eignen sich insbesondere sogenannte Build-Roboter, die im Gegensatz zu Use-Robotern erst zusammgebaut werden müssen (Catlin et al. 2018). Bisherige Studien haben gezeigt, dass Physical Computing bzw. Programmierunterricht mit Robotern Lernende sowohl affektiv als auch kognitiv fördern kann. So bewerten Grundschullehrkräfte das Build-Robotik-Set WeDo als hilfreich für die Förderung des algorithmischen Denkens (Chalmers 2018) und schätzen die Robotik generell als sehr lernförderlich ein (Scaradozzi et al. 2015). Auch Studierende nutzen gerne Roboter als Werkzeuge, um ihr Verständnis hinsichtlich Programmierung, Aktoren und Sensoren zu verbessern (Aroca et al. 2012). In Bezug auf affektive Faktoren wird Robotern häufig ein hoher Spassfaktor zugeschrieben, der sich jedoch nicht immer gänzlich bestätigen lässt (Levy und Ben-Ari 2015). Ausserdem bevorzugen Studierende, selbst einen Roboter zu haben statt einen von der Universität auszuleihen (Aroca et al. 2012). In einer Untersuchung von 24 Veröffentlichungen konnte bestätigt werden, dass Roboter in der Primar- und Sekundarstufe häufig motivierend und kognitiv aktivierend wirken, insbesondere wenn sie handlungsorientiert und projektbasiert eingesetzt werden (Amo et al. 2020).

3. Theoretische Hintergründe zum Kursdesign

Im Rahmen des Robotik-Making-Kurses sollen die Kinder affektiv gefördert werden. Der Kurs orientiert sich daher (1) an Empfehlungen zur Umsetzung des Making-Ansatzes und (2) an motivationspsychologischen Überlegungen, die im Folgenden beschrieben werden.

3.1 *Making*

Beim Making im medienpädagogischen bzw. Bildungskontext geht es nicht nur um «Machen», sondern um «produktives Technikhandeln» und dessen Reflexion. Mithilfe analoger und digitaler Techniken sowie unterschiedlicher Materialien erstellen Lernende selbstgesteuert, spielerisch und handlungsorientiert individuelle Objekte oder Prototypen (Ingold und Maurer 2019). Häufig wird deshalb von einer Produktorientierung gesprochen, die jedoch nicht im Sinne einer perfekten Endleistung zu verstehen ist, sondern auf die iterative Verbesserung des Produkts fokussiert (ebd.), womit gleichzeitig eine Prozessorientierung gegeben ist. Bei den Lernenden zeigt sich diese Verknüpfung von Produkt und Prozess wie folgt (Blikstein 2013): Die Idee des finalen Produkts ist häufig der motivationale Ausgangspunkt. Während des

Prozesses treten jedoch verschiedene Schwierigkeiten auf, die angenommen und überwunden werden, wodurch sich häufig auch das angestrebte Produkt ändert. Hierin zeigt sich wiederum die Verschiebung von der reinen Produkt- zur Prozessorientierung.

Auch für das Erreichen von Lernzielen spielt der Prozess eine wichtige Rolle: Durch die thematische Offenheit im Making-Kontext können insbesondere grundlegende Kompetenzen wie Problemlösefähigkeit oder Media Literacy gefördert werden (Knaus und Schmidt 2020). Daher bietet sich auch die Verknüpfung mehrerer Fächer an, deren Möglichkeiten im Making-Ansatz auch von Lehrkräften besonders geschätzt werden (Spieler, Schifferle, und Dahinden 2022). Diese Interdisziplinarität ist jedoch häufig einer von mehreren Reibungspunkten bei der Umsetzung von Making in der Schule. Dies liegt an curricularen Vorgaben und der Organisation von Regelschulen (Ingold und Maurer 2019). Auch deshalb bietet sich Making für informelle Lerngelegenheiten und ausserschulische Lernorte an (Bunke-Emden 2020). In MakerSpaces, die prinzipiell auch in der Schule umsetzbar sind, werden den Lernenden verschiedene Materialien, Werkzeuge und Formen der Unterstützung zur Verfügung gestellt (Ingold und Maurer 2019). Diese Unterstützung kann unterschiedliche Formen annehmen: Durch eine kollaborative Bearbeitung unterstützen sich die Lernenden gegenseitig und die Lehrkraft oder die Betreuenden fungieren als beratende Lernbegleiter:innen (ebd.).

3.2 Spass, Interesse und Motivation

In kürzeren Kursen bzw. zu Beginn von Kursen bietet es sich an, Vorläufer von langfristiger intrinsischer Motivation und individuellem Interesse zu fördern und zu untersuchen. Für die anfängliche Förderung sind dabei vor allem positive Emotionen wichtig, aber auch das individuelle Interesse hängt neben Wissen und anhaltendem Engagement mit dem Erleben von positiven Gefühlen zusammen (Renninger 2009). Dies überschneidet sich wiederum damit, dass intrinsisch motivierte Personen etwas u.a. wegen des innewohnenden Spasses und der daraus resultierenden Zufriedenheit machen (Deci und Ryan 1993). Auch im Programmierunterricht hat sich Spass als wirksamer intrinsischer Motivator erwiesen (Riedo et al. 2013; Long 2007), weswegen wir von diesem Konstrukt ausgehen.

4. Kursdesign

Der Kurs besteht aus vier Einheiten à zwei Zeitstunden. In den ersten beiden Einheiten wird ein Roboter von Grund auf zusammengebaut, in den folgenden beiden Einheiten wird er programmiert. Zu Beginn jeder Einheit wird den Kindern ein Überblick

über deren Lernziele gegeben. Durch die folgenden verschiedenen Unterstützungsmassnahmen soll den Kindern einerseits Kompetenzerleben, andererseits eine gewisse Autonomie ermöglicht werden.

4.1 Allgemeine Umsetzung und Unterstützung

Während der Einheiten konnten die Kinder jederzeit Fragen an die Betreuenden stellen oder sich bei anderen Kindern erkundigen, was ebenso wie die einzelnen Aufgaben in Partnerarbeit die soziale Eingebundenheit stärken kann (Deci und Ryan 1993). Wenn die Kinder zwar vor Herausforderungen standen, aber keine Hilfe einforderten, wurde kein Feedback gegeben. Dadurch wurde versucht, ihnen zu ermöglichen, das Problem selbst zu lösen und sie nicht aus einem möglichen Flow zu reißen. Wenn ein Kind um Hilfe bat, wurde es zudem gefragt «Willst du es selbst versuchen und ich erkläre es oder soll ich es für dich machen?». So kann das Kind selbst entscheiden, wie viel Hilfe es gerade benötigt, wodurch beispielsweise Mädchen häufiger selbst programmieren möchten als Jungen (Greifenstein et al. 2024).

4.2 Umsetzung und Unterstützung des Bauens

Das Zusammenbauen des Roboters erfolgte gemeinsam in 30 Schritten. Der Roboter besteht aus Holzteilen, die von der Kursleitung entworfen wurden und mithilfe eines CO₂-Lasers geschnitten wurden, verschiedenen Sensoren, Aktoren und Kabeln. Jedes Kind baute seinen eigenen Roboter zusammen. Abbildung 1 gibt an, wie oft die jeweilige Tätigkeit durchgeführt wurde. Dabei wurde mit verschiedenen Materialien und Werkzeugen gearbeitet. Nur das Heisskleben wurde von der Kursleitung übernommen, da nur eine Heissklebepistole zur Verfügung stand; da im Werkraum des Lernorts ausreichend Lötgeräte zur Verfügung stehen, konnte jedes Kind selbst löten (Abbildung 2).

Tätigkeiten während des Zusammenbauens

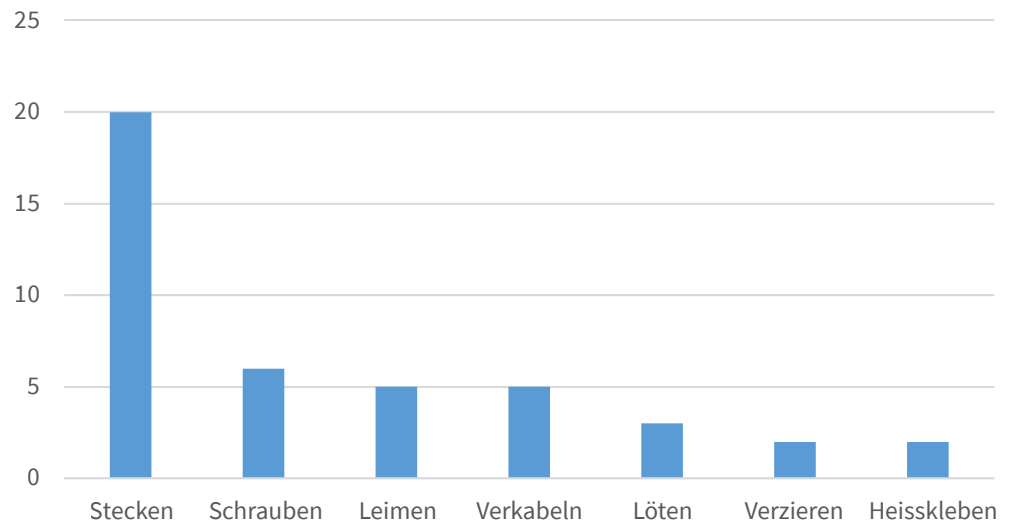


Abb. 1: Häufigkeit der jeweiligen Tätigkeiten während des Zusammenbauens.

Während das Grundgerüst für alle Kinder gleich ist, hatten die Kinder in einzelnen Schritten die Möglichkeit, ihren Roboter zu individualisieren, indem sie beispielsweise LEDs und einzelne Sensoren an passenden, aber selbst ausgewählten Stellen platzierten, einen Kopfschmuck auswählten und den Roboter bemalten (Abbildung 2). Die Interdisziplinarität des Kurses zeigt sich darin, dass neben den genannten handwerklichen Fähigkeiten und dem künstlerischen Geschick auch naturwissenschaftlich-technische Informationen einfließen: Während die kleinschrittige gemeinsame Umsetzung zwar die Selbststeuerung der Kinder reduzieren kann, ermöglicht sie der Kursleitung, allen Kindern grundlegende Hintergrundinformationen zu den verbauten Sensoren und Aktoren zu geben und gemeinsam mit den Kindern zu reflektieren. Zudem wurde die Aufgabe in der Präsentation anhand von Fotos grob erklärt, es wurden aber bewusst nicht alle Informationen vorweggenommen, um die Kinder kognitiv zu aktivieren. Im Sinne eines offenen Lernsettings könnte überlegt werden, die Informationen zur Aufgabe und zu den Bestandteilen des Roboters zu verschriftlichen oder zu vertonen, sodass die Kinder in ihrem eigenen Tempo arbeiten und Informationen bei Bedarf leichter differenziert werden können.

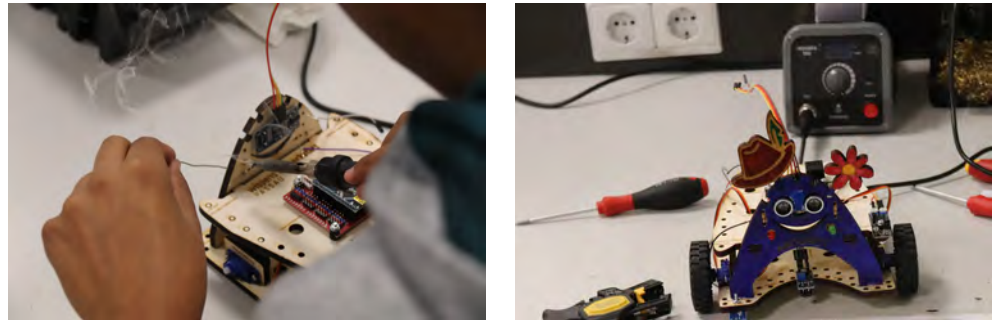


Abb. 2: Kind beim Löten der LED-Kabel und ein mit Kopfschmuck und Farbe verzierter ArduBot.

4.3 Umsetzung und Unterstützung des Programmierens

algorithmische Grundbausteine

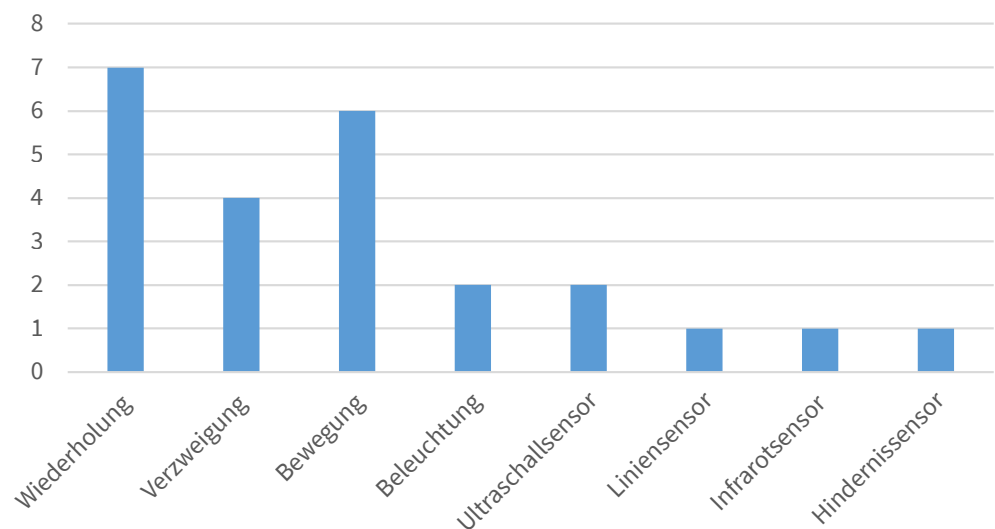


Abb. 3: Häufigkeit der jeweiligen Inhalte in den Programmieraufgaben.

In den insgesamt elf Programmieraufgaben werden die von der Gesellschaft für Informatik für die Grundschule empfohlenen algorithmischen Grundbausteine Anweisung, Sequenz, Wiederholung und Verzweigung (Best et al. 2019) eingeführt. Neben grundlegenden Komponenten des algorithmischen Denkens wie Abstraktion und Dekomposition (Selby und Woollard 2014) werden in den einzelnen Aufgaben verschiedene Konzepte ausprobiert. Abbildung 3 zeigt, welche Konzepte (algorithmische Bausteine/Aktoren/Sensoren) von den Kindern wie häufig verwendet wurden. Die blockbasierte Programmiersprache mBlock ermöglicht, farblich kategorisierte

Blöcke per Drag-and-Drop und ähnlich wie Puzzlesteine zusammenzufügen, was den Einstieg erleichtert. Allerdings können auch hier verschiedene fehlerhafte Codemuster programmiert werden (Obermüller et al. 2022; Frädriich et al. 2020).

Da einige Kinder zudem keine Vorerfahrung in der Programmierung hatten, wurde durch das Use-Modify-Create-Framework (Lee et al. 2011) ein Scaffolding ermöglicht: Wenn ein neues Konzept eingeführt wurde, bauten die Kinder zunächst den vorgegebenen Code nach und reflektierten diesen (= USE-Schritt), bevor sie dann Veränderungen an diesem Code vornahmen (= MODIFY-Schritt). Vereinzelt erstellten die Kinder auch Programme von Grund auf selbst (= CREATE-Schritt). Dieses Vorgehen wurde teilweise zusätzlich durch sogenannte Parsons Problems (Abbildung 4) unterstützt, bei denen die Lernenden Codeblöcke in die richtige Reihenfolge bringen (Du, Luxton-Reilly, und Denny 2020). Durch die Aufgaben konnten die Kinder einen ersten Einblick in die Programmierung gewinnen. Am Ende des Kurses freuten sich die Kinder, ihren eigenen Roboter mit nach Hause nehmen zu dürfen.

Diese Bausteine könnten dir bei dieser Aufgabe behilflich sein
(manche Bausteine brauchst du mehrmals):

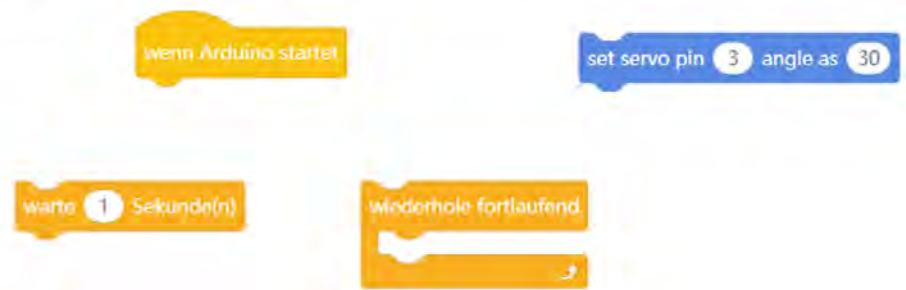


Abb. 4: Ein Parsons Problem (Du, Luxton-Reilly, und Denny 2020) für die Aufgabe des Fahrens einer Kurve mit zwischenzeitlichen Pausen.

5. Studiendesign

Die folgenden Forschungsfragen sollen mithilfe der vorliegenden Studie beantwortet werden:

- RQ 1: Inwieweit benötigen Kinder beim Bauen eines Roboters Feedback?
- RQ 2: Wie wirken sich die beim Bauen identifizierten Schwierigkeiten auf den Spass aus?
- RQ 3: Inwieweit benötigen Kinder beim Programmieren eines Roboters Feedback?
- RQ 4: Wie wirken sich die beim Programmieren identifizierten Schwierigkeiten auf den Spass aus?

5.1 Datensammlung

Der Kurs wurde vier Mal durchgeführt. Insgesamt nahmen 45 Kinder daran teil, davon 12 Mädchen und 33 Jungen. 24 Kinder waren neun Jahre alt, 16 Kinder zehn Jahre alt und fünf Kinder elf Jahre alt. Pro Kurs waren ca. vier Betreuende vor Ort, was einem angemessenen Betreuungsverhältnis von etwa 1:3 entspricht, sodass die Betreuenden ausreichend Zeit hatten, den Kindern weiterzuhelfen und die Fragen oder Schwierigkeiten während des Bauens bzw. Programmierens zu notieren. Neben den Schwierigkeiten notierten sie u.a. auch den Namen des Kindes, den Schritt, bei dem die Schwierigkeit auftrat, und die Dauer der Unterstützung. Jeweils nach dem Bauen (nach Einheit 2) bzw. nach dem Programmieren (nach Einheit 4) wird mithilfe des Fun Toolkit gemessen, wie viel Spass die Kinder hatten (Read 2008). Abbildung 5 zeigt die Bestandteile des Fun Toolkits.

Würdest du das Bauen im
Nachhinein wieder machen
wollen?

nein vielleicht ja

Wie hat dir das Bauen
gefallen?


				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
schlecht	nicht so gut	gut	sehr gut	perfekt

Abb. 5: Fun Toolkit zur Messung des Spasses beim Bauen.

5.2 Datenanalyse

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die Notizen der Betreuenden und die von den Kindern ausgefüllten Fun Toolkits herangezogen. Die qualitativen Daten aus den Notizen der Betreuenden wurden mittels hermeneutischer Inhaltsanalyse in einem Mixed-Methods-Ansatz ausgewertet (Bergman 2010). Dazu wurde nach dem Lesen aller Notizen ein Kategoriensystem vereinbart und eine Forschende kategorisierte alle Notizen. 15 % der Notizen wurden von einem weiteren Forschenden kategorisiert. Es ergibt sich eine Interrater-Reliabilität von $K=0,64$. Die sich ergebende Item-Anzahl in den jeweiligen Kategorien wurde wiederum auf die ursprünglichen qualitativen Daten und die Forschungsfragen bezogen. Die Auswertung der Again Tables und der Smileyometer führte zu quantitativen Daten. Pro Abschnitt (à vier Stunden) und Kind ergibt sich ein Wert zwischen 0 und 2 bzw. 0 und 4. Die Korrelation der Spass-Werte mit der Anzahl der Schwierigkeiten wurde mittels Kendalls Tau-b mit einer Signifikanzschwelle von $\alpha=0,05$ berechnet, wobei $\tau > ,1$ bzw. $< -,1$ schwache Effekte, $> ,3$ bzw. $< -,3$ mittlere Effekte und $> ,5$ bzw. $< -,5$ starke Effekte für die jeweilige Untergruppe anzeigt.

5.3 Einschränkungen

Der Kurs fand in einem ausserschulischen Rahmen statt, was die externe Validität der Untersuchung einschränkt. Es nahmen viele Kinder teil, die bereits andere naturwissenschaftlich-technische Kurse am Lernort besucht hatten. Neben teilweise vorhandenen Vorerfahrungen kann dies bedeuten, dass besonders interessierte oder stärker geförderte Kinder am Kurs teilnahmen, weshalb die Stichprobe nicht repräsentativ ist. Ausserdem beziehen sich die Schwierigkeiten der Kinder auf die Aktivitäten in unserem spezifischen Kurs und können je nach Schwerpunkt in anderen Robotik-Making-Kursen variieren. Um die konkreten Ergebnisse übertragbar zu machen, beziehen sich die abgeleiteten Empfehlungen bewusst auf grundlegende und übertragbare Ideen.

6. Empirische Befunde

6.1 RQ 1: Schwierigkeiten beim Bauen eines Roboters

Die Kategorisierung der Schwierigkeiten beim Bauen erfolgt anhand von drei Dimensionen: Um welche Tätigkeiten handelt es sich? Was ist die Ursache? Welche Hilfe wird von den Betreuenden geleistet?

Die mittlere Spalte der Tabellen 1–3 gibt an, auf wie viele Kinder die angegebene Kategorie ein- oder mehrmals zutrifft. Die letzte Spalte zeigt, wie oft diese Kategorie pro Kind aufgerufen wurde.

Art der Tätigkeit	Anteil der Kinder	Durchschnittliche Häufigkeit
Löten	75,6 %	2,4
Schrauben	73,3 %	1,9
Stecken	66,7 %	2,5
Leimen	51,1 %	1,6
Verkabeln	42,2 %	1,3
Schneiden	28,9 %	1,0
Drehen	6,7 %	1,0
Verbiegen	4,4 %	1,0

Tab. 1: Verteilung der Schwierigkeiten hinsichtlich der Tätigkeiten.

6.1.1 Tätigkeiten

Insgesamt baten 97,8 % der Kinder um Hilfe beim Bauen. Es zeigt sich, dass jeweils über die Hälfte der Kinder beim Löten, Schrauben, Stecken und Leimen Unterstützung benötigen. Dies mag an teilweise mangelnden Vorerfahrungen in diesen Techniken liegen, wobei aufgrund des außerschulischen und freiwilligen Rahmens eine grundsätzliche Affinität möglich wäre. Vor allem beim Löten und beim Stecken benötigen die Kinder häufiger Hilfe. Beim Stecken lässt sich die hohe Zahl dadurch erklären, dass in 20 von insgesamt 30 Schritten beim Bauen etwas gesteckt (also zusammengesteckt, hineingedrückt oder befestigt) wird. Gelötet wird dagegen nur in drei der 30 Schritte, jedoch besteht das Löten selbst aus mehreren Teilschritten. Diese können jeweils Anlass für Fragen wie «Wie soll ich das Kabel in die Abisolierzange reinschieben?» (S21) und Tipps wie «vorher verdrillen» (S16) und «die Enden vorher warm zu machen» (S12), «damit keine kalte Lötstelle entsteht» (S14) bieten. Die Vorerfahrungen der Kinder und die Mehrschrittigkeit von Tätigkeiten scheinen Einfluss auf die Häufigkeit von Schwierigkeiten bei einer Tätigkeit zu haben.

Art der Ursache	Anteil der Kinder	Durchschnittliche Häufigkeit
Hoher Schwierigkeitsgrad	33,3 %	1,4
Falsche Ausführung	26,7 %	1,2
Falsches Material	20,0 %	1,1
Mangelnde Vorerfahrung	6,7 %	1,0
Kursgeschwindigkeit	6,7 %	1,0
Ungenauere Ausführung	6,7 %	1,0

Tab. 2: Verteilung der Ursachen der Schwierigkeiten.

6.1.2 Ursachen

Für die Schwierigkeiten der Kinder wurden verschiedene Ursachen identifiziert. Diese lassen sich in hohen Schwierigkeitsgrad, falsche Ausführung, falsches bzw. defektes Material, mangelnde Vorerfahrung, Kursgeschwindigkeit und ungenaue Ausführung unterteilen (Tabelle 2). Es zeigt sich, dass jeweils ein Fünftel bis ein Drittel der Kinder Probleme aufgrund des hohen Schwierigkeitsgrades, der falschen Ausführung oder des falschen Materials hatte. Der hohe Schwierigkeitsgrad wiederum hat verschiedene Gründe, die materialimmanenter, physischer und kognitiver Natur sind: «Holzteile gingen schwer rein» (S19), «das Verbindungsstück musste mit Kraft reingedrückt werden» (S23) und «kurze Verwirrung, wo Sensor zu befestigen ist» (S4). Teilweise wurden zusätzlich auch explizite Ursachen angegeben wie die mangelnde Vorerfahrung oder die Kursgeschwindigkeit. Die falsche Ausführung bezieht sich beispielsweise auf die Positionierung: «Kabel auf die rechte Seite gesteckt

anstatt auf die linke» (S20) oder «unten [anstatt seitlich] geleimt» (S8). Ungenaue Ausführung dagegen meint, dass die Positionierung prinzipiell korrekt, allerdings nicht akkurat durchgeführt wurde, indem beispielsweise «Schrauben immer schief reingedreht» (S34) wurden. Das falsche bzw. defekte Material kann auf die versehentliche Bereitstellung von zu kurzen Schrauben, die versehentliche Auswahl falschen Materials durch die Kinder und auf von vornherein defekte Materialien zurückgeführt werden. Eine fehlende Anpassung des Schwierigkeitsgrads an die Merkmale der Kinder scheint problematisch zu sein.

6.1.3 Arten der Hilfe

Die Kinder benötigen verschiedene Arten von Hilfe durch die Betreuenden: Anleitung vor der eigentlichen Bearbeitung, Mithilfe während der Bearbeitung sowie Korrektur und Bestätigung nach der Bearbeitung (Tabelle 3). Darüber hinaus erkennen einzelne Kinder die Lösung direkt nach dem Stellen der Frage selbst und benötigen keine Hilfe mehr. Anleitung und Mithilfe wurden von den Betreuenden am häufigsten explizit notiert, für jeweils etwa die Hälfte der Kinder. Dass einige Kinder mehr Anleitung vor der eigentlichen Bearbeitung benötigten, kann damit erklärt werden, dass (1) die Kinder aufgrund ihrer teilweise geringen Vorerfahrungen unsicher waren und (2) im Kurs bewusst nicht zu viele Informationen vorab gegeben wurden, um die Problemlösung nicht vorwegzunehmen oder die Kinder zu unterfordern. Die Nachfragen bezogen sich auf die Art und Weise, die Reihenfolge, die Menge und den Ort, beispielsweise «Wie leimt man? Wie viel Leim [verwendet man]?» (S10). Bei der aktiven Mithilfe während der Bearbeitung wurde besonders häufig eine weitere Hand benötigt: «Beim Leimen musste man beim Halten helfen» (S42), «dritte Hand beim Löcher anschrauben» (S9) und «Kinder haben sich [gegenseitig] geholfen beim Leimen und Schrauben» (S30 und S32). Korrekturen kamen etwas seltener vor, was auch mit dem pädagogischen Konzept zusammenhängen kann, nicht ungefragt zu viel korrigierendes Feedback zu geben. Bestätigungen wurden nur auf Nachfrage gegeben. Besonders häufig wurde die Richtigkeit der Ausführung in Bezug auf die Qualität und den Ort korrigiert bzw. bestätigt. Allgemein scheinen die Kinder v.a. Hilfen zu brauchen, die wie die Anleitung auch durch einen schriftlichen Hinweis oder wie die Mithilfe auch durch Peers übernommen werden können. Für die Grundschule wurde bereits gezeigt, dass solche Hinweiskärtchen hilfreich sein können, aber auch Differenzierung erfordern (Greifenstein, Heuer, und Fraser 2024).

Art der Hilfe	Anteil der Kinder	Durchschnittliche Häufigkeit
Anleitung	53,3 %	1,8
Mithilfe	46,7 %	1,9
Korrektur	37,8 %	1,4
Bestätigung	20,0 %	1,3
Keine Hilfe mehr benötigt nach Stellen der Frage	4,4 %	1,5

Tab. 3: Verteilung der Arten der Hilfe.

6.2 RQ 2: Zusammenhang von Schwierigkeiten beim Bauen und Spass

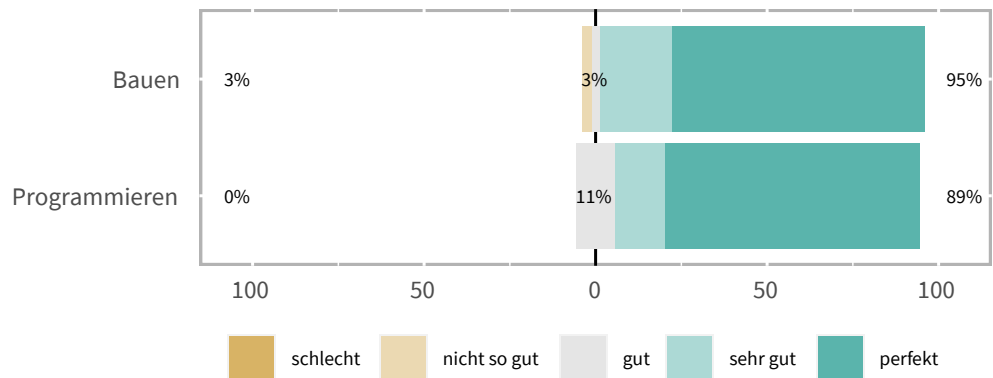


Abb. 6: Verteilung der Werte des Smileyometer für das Bauen und das Programmieren.

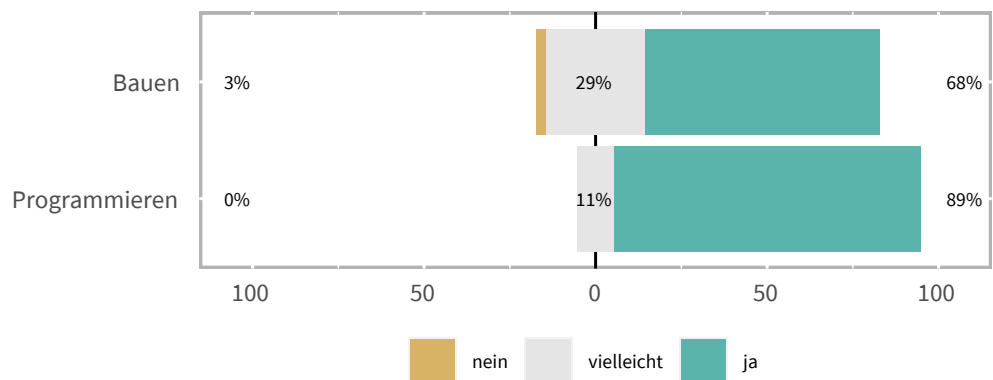


Abb. 7: Verteilung der Werte der Again Again Table für das Bauen und das Programmieren.

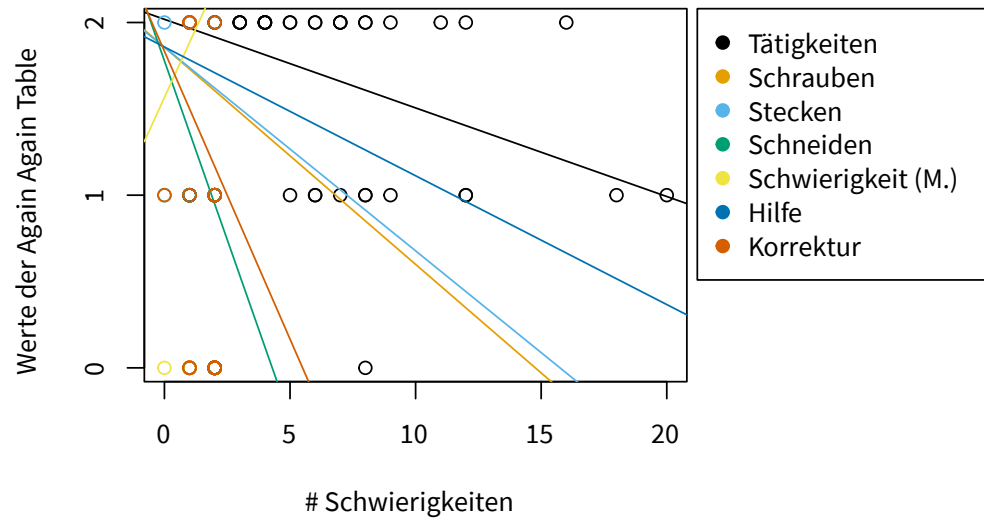


Abb. 8: Signifikante Korrelationen der Anzahl der Schwierigkeiten des Bauens mit den Werten der Again Again Table

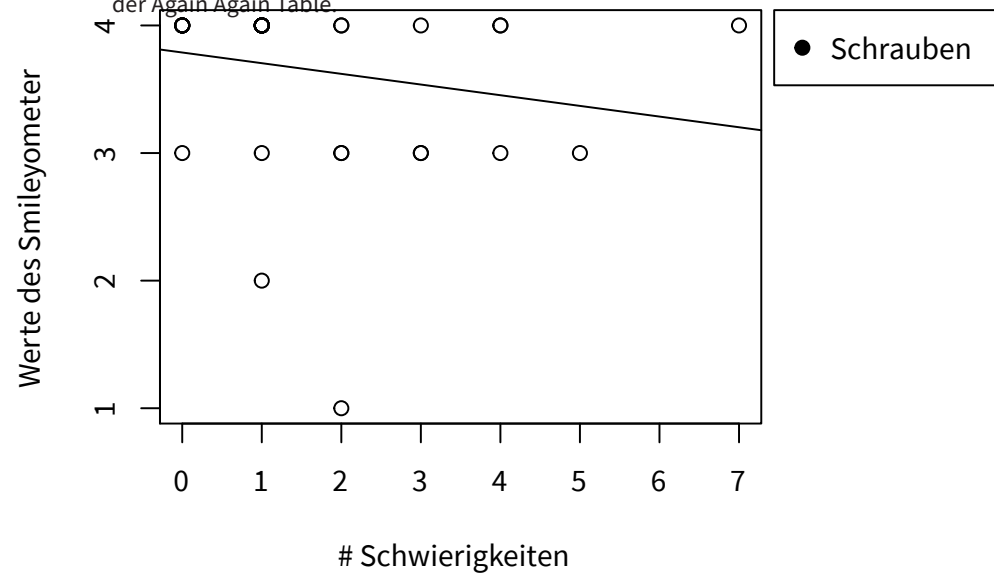


Abb. 9: Signifikante Korrelationen der Anzahl der Schwierigkeiten des Bauens mit den Werten des Smileyometer.

Zur Beantwortung von RQ 2 werden die Schwierigkeiten aus RQ 1 und die Einschätzung des Spasses durch die Kinder, gemessen mit dem «Smileyometer» und der «Again Again Table», herangezogen. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Verteilung der Werte im Vergleich zum Bauen. Im Allgemeinen sind die Werte des Spasses, mit einem Mittelwert von $S = 3,66$ ($\bar{x} = 4$) für den Smileyometer und $A = 1,66$ ($\bar{x} = 2$) für die Again Again Table hoch. Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen alle Korrelationen, für die der zugehörige p -Wert signifikant ist.

Die Korrelation zwischen der Anzahl der Schwierigkeiten und dem Spass zeigt, dass eine höhere Anzahl mit einem signifikant schlechteren Wert in der Again Again Table zusammenhängt ($\tau = -,38$, $p = ,006$). Inwieweit sich dieses Ergebnis oder auch eine Korrelation mit dem Smileyometer in den verschiedenen Dimensionen der Schwierigkeiten beim Bauen wiederfindet, wird im Folgenden beschrieben und mögliche Erklärungen werden diskutiert.

6.2.1 Tätigkeiten

Die Spass-Werte der Again Again Table gehen bei steigender Anzahl an Schwierigkeiten bezüglich der Tätigkeiten insgesamt signifikant zurück. Dies gilt für die Tätigkeiten Stecken, Schrauben und Schneiden. Beim Schrauben sind die Effekte am grössten ($\tau = -,44$, $p = ,003$) und beim Schrauben sind auch die Smileyometer-Werte signifikant niedriger ($\tau = -,31$, $p = ,032$). Die Mittelwerte liegen bei $A = 1,57$ bzw. $S = 3,59$ mit Schwierigkeit(en) beim Schrauben und bei $A = 2,00$ bzw. $S = 3,89$ ohne Schwierigkeiten.

Schrauben und Stecken kommen am häufigsten in den Schritten des Zusammenbaus vor (Abbildung 1). Beides zusammen erfordert aber nur ähnlich viel Hilfestellung wie das Löten (Abbildung 1), das seltener in den Schritten vorkommt. Dadurch, dass nicht ein Grossteil der Gruppe, sondern jeweils nur einzelne Kinder während eines Schritts Unterstützung beim Schrauben und Stecken benötigen, könnte das Zusammengehörigkeitsgefühl und damit die soziale Eingebundenheit reduziert werden. Auch der soziale Vergleich kann dazu führen, dass sich die Kinder als weniger kompetent und weniger autonom wahrnehmen. Folglich kann vermutet werden, dass die drei Komponenten soziale Eingebundenheit, Kompetenzerleben und Autonomie, die zur Förderung intrinsischer Motivation notwendig sind (Deci und Ryan 1993), reduziert werden.

6.2.2 Ursachen

Die Fehlerursache *materialimmanenter Schwierigkeitsgrad* ist die einzige Kategorie, deren häufigere Nennung zu signifikant höheren Spass-Werten in der Again Again Table führt ($\tau = -,360$, $p = ,023$). Dies könnte daran liegen, dass der Fehler nicht dem eigenen Unvermögen, sondern dem Material zugeschrieben wird. Zudem wird den Kindern vor Augen geführt, dass auch Erwachsene Schwierigkeiten haben, wenn Holzteile beispielsweise nicht perfekt in eine Aussparung passen. Das wiederum mindert nicht das Kompetenzerleben, sondern könnte im Gegenteil auch in anderen Situationen des vermeintlichen Misserfolgs zu einer Verschiebung der Attribuierung von internalen hin zu externalen Ursachen (Weiner 1985) führen.

6.2.3 Arten der Hilfe

Die Anzahl der Hilfestellungen korreliert mit den Spass-Werten der Again Again Table. Letztere sind signifikant niedriger im Fall einer hohen Anzahl von Hilfestellungen im Gesamten sowie der Korrektur im Speziellen. Die Unterschiede bezüglich der Korrektur ($\tau = -,450, p = ,004$) zeigen sich auch in dem vergleichsweise niedrigen Mittelwert von $A = 1,36$ bei Kindern, die korrigierendes Feedback bekommen haben und dem Mittelwert von $A = 1,83$ bei Kindern ohne korrigierendes Feedback. Das zeigt auf, dass Kinder, die korrigiert wurden, weniger Spass empfinden. Auch wenn die Korrektur nicht die Ursache sein muss, so macht diese Art von Feedback Kindern jedoch bewusst, dass sie auf Hilfe angewiesen sind, was ihre wahrgenommene Autonomie reduzieren kann. Zum anderen zeigt eine Korrektur, dass etwas falsch gemacht wurde, was dazu führen kann, dass das Kind seine Kompetenzen infrage stellt. Beide Komponenten, Autonomie und Kompetenzerleben, könnten folglich reduziert sein.

6.3 RQ 3: Schwierigkeiten beim Programmieren eines Roboters

Die Kategorisierung der Schwierigkeiten beim Programmieren erfolgt anhand von drei Dimensionen: Um welches Programmierkonzept bzw. welchen Teilbereich der Programmierumgebung handelt es sich und welche Hilfe wird von den Betreuenden geleistet? Tabelle 4 gibt hierzu einen Überblick.

Programmierkonzepte	Anteil der Kinder	Durchschnittliche Häufigkeit
Roboterspezifische Konzepte	84,4 %	3,7
• Bewegung	66,7 %	3,1
• Beleuchtung	48,9 %	1,6
• Sensoren	28,9 %	1,1
Algorithmische Konzepte	66,7 %	1,8
• Verzweigung	35,6 %	1,2
• Wiederholung	24,4 %	1,3
• Warten	22,2 %	1
• Reihenfolge	15,6 %	1
• Sonstiges	6,7 %	1
Allgemein	20,0 %	1,4
Nachbauen	13,3 %	1,2

Tab. 4: Verteilung der Schwierigkeiten hinsichtlich der Konzepte.

6.3.1 Programmierkonzepte

93,3 % der Kinder bitten um Hilfe bei roboterspezifischen Konzepten und/oder algorithmischen Konzepten. Die Unterkategorien zeigen, dass deren Häufigkeit nicht nur von der Häufigkeit des Auftretens in den Aufgaben abhängt (Abbildung 3). So ist die Beleuchtung eine relativ häufige Schwierigkeit, zu den Sensoren haben die Kinder relativ selten Fragen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass (1) die Beleuchtung in der ersten Programmieraufgabe des Kurses vorkommt und (2) in der zweiten Aufgabe angepasst werden muss. Im Gegensatz dazu werden die Sensoren nur innerhalb der Use-Aufgaben verwendet und müssen folglich zwar nachgebaut, aber nicht verändert werden. Auch bei den algorithmischen Konzepten sind die Häufigkeiten anders als aufgrund der Vorkommenshäufigkeiten in den Aufgaben (Abbildung 3) zu erwarten wäre. So benötigen mehr Kinder Unterstützung bei der Verzweigung wie «wohin [füge ich] fahr-Blöcke in den wenn-dann-sonst-Block [ein]?» als bei der Wiederholung, obwohl letztere häufiger vorkommt (Abbildung 3). Zwar haben Lernende sowohl häufig Schwierigkeiten mit Wiederholungen als auch mit Verzweigungen (Fraser 2015; Grover und Basu 2017), allerdings enthält die Verzweigung in den Aufgaben zudem Variablen und Boolesche Operatoren, die ebenfalls Schwierigkeiten bereiten können (Grover und Basu 2017). Die Endloswiederholung in den Aufgaben dagegen benötigt keine weiteren Blöcke. Insgesamt scheint die Komplexität der Inhalte einen starken Einfluss auf die Häufigkeit von Schwierigkeiten beim Programmieren zu haben.

Schwierigkeiten bezüglich Programmierumgebung	Anteil der Kinder	Durchschnittliche Häufigkeit
Finden von Blöcken	24,4 %	1,1
Zusammenfügen	17,8 %	1
Verbindung	11,1 %	1,4
Allgemeine Bedienung	8,9 %	1,2
Eigenheiten der Programmierumgebung	8,9 %	1
Sonstiges	6,6 %	1

Tab. 5: Verteilung der Schwierigkeiten bezüglich der Programmierumgebung.

6.3.2 Programmierumgebung

Die Programmierumgebung mBlock wird für alle Aufgaben benötigt und 46,7% der Kinder haben mindestens einmal eine Frage dazu. Dabei traten verschiedene Schwierigkeiten auf wie «findet grüne Blöcke nicht» (S34), «versteht nicht, wie man Block in Lücke schiebt» (S10), «Hochladen funktioniert nicht» (S33), «mBlock-Umgebung

erklärt» (S3) und kleinere Eigenheiten von mBlock wie «warte-Block Sekunde(n) auf 0.5 setzen (Punkt statt Komma)» (S25). Dies kann damit zusammenhängen, dass die technische Medienkompetenz erst ab einem Alter von zehn Jahren entsprechend ausgeprägt ist (Feierabend et al. 2021) und die Kinder daher noch mehr Hilfestellungen benötigen.

Art der Hilfe	Anteil der Kinder	Durchschnittliche Häufigkeit
Korrektur	71,1 %	1,4
Anleitung	46,7 %	2
Umgang mit Hardware-Problemen	40,0 %	1,5
Mithilfe	20,0 %	1,4
Bestätigung	8,9 %	1

Tab. 6: Verteilung der Arten der Hilfe.

6.3.3 Arten der Hilfe

Ähnlich wie beim Zusammenbauen, benötigen die Kinder beim Programmieren verschiedene Arten von Hilfen durch die Betreuenden: Korrektur, Anleitung, Mithilfe und Bestätigung, aber auch Umgang mit Hardware-Problemen wie «Kabel falsch eingesteckt» (S2), «Ultraschallsensor defekt (S44) oder «Kabel runtergefliegen – wieder rangelötet» (S16). Auffallend ist, dass mehr als zwei Drittel der Kinder Korrektur einfordern bzw. benötigen. Das könnte damit zu erklären sein, dass durch das Testen mit dem Roboter direkt ersichtlich wird, dass etwas falsch gemacht wurde. Fehlerursachen waren falsche Werte (z.B. «Werte für richtige Geschwindigkeit» (S15)) und fehlerhafte Programmiermuster wie *LED Off Missing* (Obermüller et al. 2022), bei dem der zugehörige Pin einer LED «zwei Mal auf hoch gesetzt» (S44) wird, sie damit «an und an» (S18) gemacht wird, und die LED deswegen nicht blinkt. Zwar benötigen weniger Kinder eine Anleitung als eine Korrektur, aber wenn ein Kind eine Anleitung benötigt, dann durchschnittlich zweimal (Tabelle 6). Das könnte darauf zurückgeführt werden, dass unerfahrenere Kinder vor der Bearbeitung neben einer genauen Erklärung der Programmierumgebung auch zu den Programmierkonzepten eingehende Informationen benötigen. Die Bewusstheit der Kinder, dass sie Anleitung bzw. Korrektur benötigen, scheint folglich Einfluss auf die Häufigkeit ihrer Fragen zu haben.

6.4 RQ 4: Zusammenhang von Schwierigkeiten beim Programmieren und Spass

Zur Beantwortung von RQ 4 werden die Schwierigkeiten aus RQ 3 und die Einschätzung des Spasses durch die Kinder, gemessen mit dem «Smileyometer» und der «Again Again Table», herangezogen. Im Allgemeinen sind die Spasswerte, mit einem Mittelwert von 3,63 ($\bar{x} = 4$) nach dem Smileyometer und 1,89 ($\bar{x} = 2$) nach der Again Again Table hoch. Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen alle Korrelationen, deren p -Wert signifikant ist. Diese werden im Folgenden erläutert.

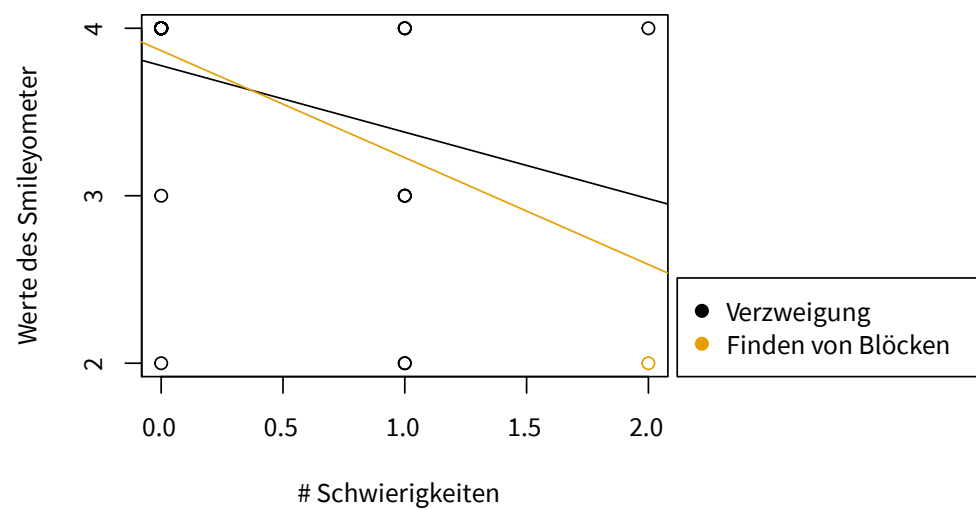


Abb. 10: Signifikante Korrelationen der Anzahl der Schwierigkeiten des Programmierens mit den Werten des Smileyometer.

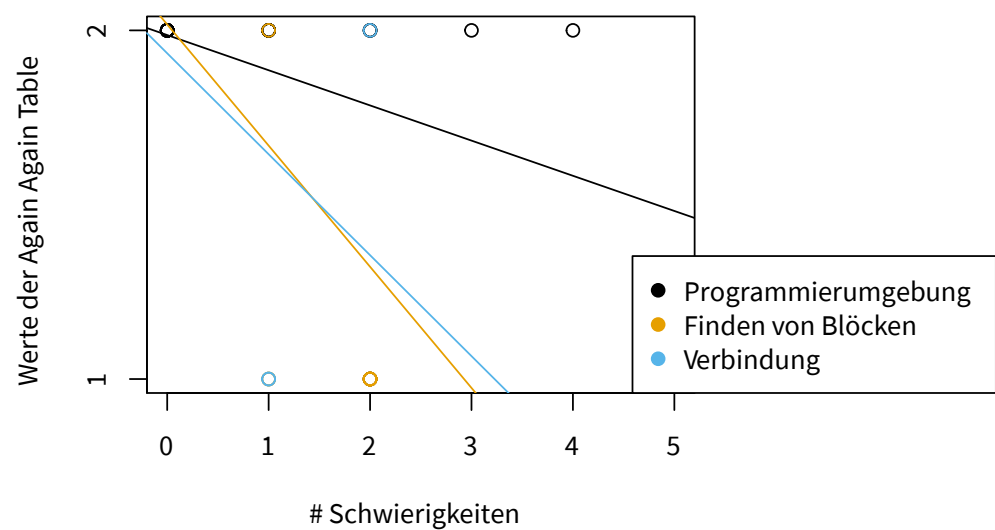


Abb. 11: Signifikante Korrelationen der Anzahl der Schwierigkeiten des Programmierens mit den Werten der Again Again Table.

6.4.1 Programmierkonzepte

Bei den Programmierkonzepten korreliert nur die steigende Anzahl an Schwierigkeiten bezüglich der Verzweigung mit signifikant niedrigeren Werten des Smileyometer ($\tau = -,41$, $p = ,028$). Dies kann daran liegen, dass das Konzept einer Verzweigung, wie beschrieben, relativ komplex ist und somit das Kompetenzerleben erschwert.

6.4.2 Programmierumgebung

Eine steigende Anzahl der Schwierigkeiten bezüglich der Programmierumgebung insgesamt, des Findens von Blöcken und der Verbindung sind mit signifikant schlechteren Werten der Again Again Table verbunden. Die Effekte sind dabei für die Verbindung am höchsten ($\tau = -,59$, $p = ,002$) und das Finden von Blöcken korreliert zusätzlich mit schlechteren Werten des Smileyometers ($\tau = -,37$, $p = ,046$). Insbesondere Probleme bei der Verbindung lassen sich nicht auf die eigenen Fähigkeiten zurückführen, weshalb das Kompetenzerleben hierdurch nicht eingeschränkt wird. Schwierigkeiten mit der Programmierumgebung können jedoch generell zu einer Einschränkung der Autonomie führen, da die Bedienung der Programmierumgebung eine grundlegende Voraussetzung für das Programmieren in dieser ist. Dringende Schwierigkeiten könnten folglich den Spass reduzieren, was auch für andere Roboter bestätigt wurde (Greifenstein et al. 2022).

6.4.3 Art der Hilfe

Im Vergleich zum Zusammenbauen scheint die Art der Hilfe beim Programmieren weniger wichtig für den erfahrenen Spass zu sein. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Betreuenden beim Programmieren pro Schwierigkeit durchschnittlich eine Minute und 45 Sekunden ($\bar{x} = 60$) verbrachten, beim Zusammenbauen hingegen nur 37 Sekunden ($\bar{x} = 15$). Da die Kinder beim Programmieren relativ viel Unterstützung durch die Betreuenden erhielten, legt der soziale Vergleich nahe, dass die Schwierigkeiten nicht an den individuellen Fähigkeiten liegen, weshalb das Kompetenzerleben wie auch die soziale Eingebundenheit weniger stark reduziert sein könnten. Es bleibt zu untersuchen, inwieweit hier das Setting im außerschulischen Rahmen oder der Gruppendynamik im Klassenverband eine Rolle spielt. Eine weitere Erklärung dafür, dass Korrekturen nicht mit schlechteren Spasswerten korrelieren, könnte sein, dass die Kinder ihre Fehler durch das Fehlverhalten des Roboters selbst bemerkten und nicht von den Betreuenden darauf hingewiesen werden mussten. Stattdessen erhielten sie von den Betreuenden nur informatives Feedback, das wiederum das Kompetenzerleben weniger schwächt als ein (negativ) bewertendes Feedback.

7. Diskussion von Handlungsempfehlungen

Ausgehend von den empirischen Befunden dieser Studie und verwandten Ergebnissen werden im Folgenden Handlungsempfehlungen für die Unterstützung von Kindern diskutiert.

7.1 *Der Schwierigkeitsgrad sollte angemessen sein*

Da der Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung Einfluss auf die Häufigkeit von Schwierigkeiten hat, sollte insbesondere bei mehrschrittigen Tätigkeiten und komplexen Inhalten auf einen angemessenen Schwierigkeitsgrad geachtet werden, damit sich die Lernenden als kompetent erleben. Im Making-Kontext erfolgt diese Anpassung vor der Bearbeitung, wenn die Lernenden beispielsweise feststellen, dass ihr geplantes Muster zu komplex ist (Spieler et al. 2020), oder während der Bearbeitung, wenn sich unlösbare Schwierigkeiten auftun (Blikstein 2013). Besonders Letzteres ist sehr zeitintensiv und daher in der Schule aufgrund der curricularen Vorgaben und der 45- bis 90-Minuten-Taktung üblicherweise schwer umsetzbar ist (Ingold und Maurer 2019). Ein Mittelweg könnte der Einsatz von vorstrukturierten Aufgaben sein, die die Merkmale der Maker-Education – selbstgesteuert, spielerisch und handlungsorientiert – (Ingold und Maurer 2019) erfüllen. Dies könnte erreicht werden, indem die Aufgaben zwar vorgegeben werden, aber beispielsweise Freiheiten in der Ausgestaltung und der Problemlösung oder bei Bedarf Hinweise zur Unterstützung gegeben werden.

7.2 *Die Vorerfahrungen der Lernenden sollten berücksichtigt werden*

Die (zusätzliche) Unterstützung sollte nach den individuellen Kompetenzen der Lernenden differenziert werden. Gerade bei einer für viele Kinder neuen Thematik wie dem Physical Computing wird der Differenzierungsbedarf allerdings oft erst im Verlauf des Kurses deutlich. Daher sollten allgemeine Erkenntnisse zu typischen Problemen beim blockbasierten Programmieren (Frädrich et al. 2020; Obermüller et al. 2022) oder das allgemeine Vorwissen zum Programmieren (Geldreich, Simon, und Starke 2019) und zur Medienkompetenz (Feierabend et al. 2021) in die zusätzliche Unterstützung wie vorbereitete Hinweise einfließen. Durch vorbereitete Hinweise können Lehrkräfte zudem entlastet werden, denn die Unterstützung der Lernenden während des Unterrichts wird häufig als eine der Herausforderungen des Programmierunterrichts gesehen (Michaeli und Romeike 2019; Greifenstein, Graßl, und Fraser 2021; Sentance und Csizmadia 2017; Yadav et al. 2016).

7.3 *Es sollte eine positive Fehlerkultur vorherrschen*

Da korrigierendes Feedback für den Kompetenzerwerb wichtig ist (Wisniewski, Zierer, und Hattie 2020), aber auch den erlebten Spass beeinflussen kann, sollte über den Umgang mit Fehlern nachgedacht werden. Damit Fehler weniger als negativ, sondern als wichtiger Bestandteil des Lernprozesses wahrgenommen werden, können interessante Fehler von verschiedenen Schüler:innen im Unterrichtsgespräch besprochen oder an einer Pinnwand gewürdigt werden; auch sollten Fehler der Lehrkraft thematisiert werden (Vivian, Grover, und Falkner 2020). Durch den sozialen Vergleich, dass Fehler auch anderen kompetenten Personen passieren können, wird den Schüler:innen gezeigt, dass Fehler nicht im Gegensatz zu Kompetenzerleben stehen müssen. Um die negative Konnotation von Fehlern weiter abzuschwächen, sollte das Feedback konstruktiv und wertschätzend vermittelt werden. So könnte automatisiertes Feedback (wie durch das Verhalten des Roboters in dieser Studie oder verschiedene Formen computergestützten Feedbacks) das Kompetenzerleben weniger reduzieren, da es im Vergleich zum menschlichen Feedback als weniger bedrohlich wahrgenommen wird (Blok et al. 2002). Dies wiederum könnte Lehrkräften Entlastung bei der Unterstützung ihrer Schüler:innen bieten: Sie kennen zwar tendenziell wenige automatisierte Werkzeuge, schätzen diese aber grundsätzlich als sehr hilfreich ein (Greifenstein, Graßl, und Fraser 2021).

7.4 *Massnahmen zur Unterstützung sollten die Lernenden kognitiv aktivieren*

Sowohl bei automatisiertem als auch bei nicht automatisiertem Feedback sollte auf eine kognitive Aktivierung und dadurch auf ein gewisses Mass an Autonomie der Lernenden geachtet werden. Dies kann beispielsweise durch Aufforderungen geschehen, den Hinweis mit eigenen Worten zu erklären (Marwan, Williams, und Price 2019), durch Hinweise zur Vorgehensweise statt direkter Handlungsanweisungen (Greifenstein et al. 2022) oder durch zeitversetztes Feedback, sodass Lernende sich nicht ausschliesslich darauf konzentrieren (Chevalier et al. 2022). Die zeitliche Verzögerung gilt jedoch nicht für dringende Probleme wie ein grundlegendes Unverständnis bezüglich der Aufgabenstellung oder der Programmierumgebung. Hier muss darauf geachtet werden, dass diese zeitnah behoben werden, da sie ansonsten die Autonomie und damit zusammenhängend den Spass stark einschränken können (Greifenstein et al. 2022).

8. Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag wurde ein Making-Kurs und dessen Evaluation im Hinblick auf die Förderung affektiver Faktoren beschrieben. Es zeigte sich, dass beim Zusammenbauen eines Roboters und dessen Programmierung verschiedene Schwierigkeiten

auftreten, deren Häufigkeit von Kriterien wie dem Schwierigkeitsgrad, den Vorerfahrungen und dem pädagogischen Unterstützungskonzept abhängt. Während Schwierigkeiten einerseits zum Problemlöseprozess gehören, können bestimmte Schwierigkeiten andererseits den Spass der Lernenden reduzieren, dessen Förderung neben anderen affektiven Komponenten beim Physical Computing in der Grundschule besonders wichtig ist. Deswegen sollten insbesondere Kompetenzerleben und Autonomie ermöglicht werden, um positive Emotionen wie Spass hervorzurufen, die sich längerfristig schliesslich vom situationalen Interesse zu individuellem Interesse und intrinsischer Motivation entwickeln. Für die Umsetzung eines affektiv förderlichen Unterrichts wurden unter Berücksichtigung der empirischen Befunde dieser Studie und verwandter Arbeiten verschiedene Handlungsempfehlungen diskutiert. Während einzelne Empfehlungen für die Vermittlung von Feedback bereits vorliegen, könnten weitere Forschungsarbeiten explizit die Perspektive der Lernenden betrachten, um diese in die Entwicklung konstruktiven Feedbacks einzubeziehen.

Literatur

- Amo, Daniel, Paul Fox, David Fonseca, und César Poyatos. 2020. «Systematic review on which analytics and learning methodologies are applied in primary and secondary education in the learning of robotics sensors». *Sensors* 21 (1): 153. <https://doi.org/10.3390/s21010153>.
- Aroca, Rafael V, Rafael B Gomes, Dalton M Tavares, Anderson Abner S Souza, Aquiles MF Burlamaqui, Glauco AP Caurin, und Luiz MG Goncalves. 2012. «Increasing students' interest with low-cost cellbots». *IEEE Transactions on Education* 56 (1): 3–8. <https://doi.org/10.1109/TE.2012.2214782>.
- Bergman, Max. 2010. «Hermeneutic Content Analysis: Textual and Audiovisual Analyses Within a Mixed Method Framework». *Sage Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research. Second edition. Sage Publication*.
- Best, Alexander, Christian Borowski, Katrin Büttner, Rita Freudenberg, Martin Fricke, Kathrin Haselmeier, Henry Herper, u. a. 2019. «Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich». [Report], Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.
- Blikstein, Paulo. 2013. «Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention». *FabLabs: Of machines, makers and inventors* 4 (1): 1–21. <https://doi.org/10.14361/transcript.9783839423820.203>.
- Blok, Henk, Ron Oostdam, Martha E Otter, und Marianne Overmaat. 2002. «Computer-assisted instruction in support of beginning reading instruction: A review». *Review of educational research* 72 (1): 101–30. <https://doi.org/10.3102/00346543072001101>.
- Bunke-Emden, Hannah. 2020. «Potenziale von Making-Aktivitäten in informellen Lernumgebungen für die Medienpädagogik: Ergebnisse einer qualitativen Studie im Rahmen der Maker Days for Kids Leipzig». *Medienimpulse* 58 (4): 23-Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-11>.

- Catlin, Dave, Martin Kandhofer, Stephanie Holmquist, Andrew Paul Csizmadia, Julian Angel-Fernandez, und J Cabibihan. 2018. «Edurobot taxonomy and Papert's paradigm». *Constructionism* 2018: 151–59.
- Chalmers, Christina. 2018. «Robotics and computational thinking in primary school». *International Journal of Child-Computer Interaction* 17: 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.005>.
- Chevalier, Morgane, Christian Giang, Laila El-Hamamsy, Evgeniia Bonnet, Vaios Papaspyros, Jean-Philippe Pellet, Catherine Audrin, Margarida Romero, Bernard Baumberger, und Francesco Mondada. 2022. «The role of feedback and guidance as intervention methods to foster computational thinking in educational robotics learning activities for primary school». *Computers & Education* 180: 104431. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104431>.
- Deci, Edward L, und Richard M Ryan. 1993. «Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik». *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2): 223–38. <https://doi.org/10.25656/01:11173>.
- Döbeli Honegger, Beat, und Michael Hielscher. 2017. «Vom Lehrplan zur Lehrerinnenbildung – erste Erfahrungen mit obligatorischer Informatikdidaktik für angehende Schweizer Primarlehrerinnen». *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. 97-107, Gesellschaft für Informatik, Bonn.
- Du, Yuemeng, Andrew Luxton-Reilly, und Paul Denny. 2020. «A review of research on Parsons problems». In *Proceedings of the twenty-second Australasian Computing Education Conference*, 195–202. <https://doi.org/10.1145/3373165.3373187>.
- Feierabend, Sabine, T Rathgeb, H Kheredmand, und S Glöckler. 2021. «KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6-bis 13-Jähriger in Deutschland». Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg (LFK), Stuttgart.
- Frädrich, Christoph, Florian Obermüller, Nina Körber, Ute Heuer, und Gordon Fraser. 2020. «Common bugs in scratch programs». In *Proceedings of the 2020 ACM conference on innovation and technology in computer science education*, 89–95. <https://doi.org/10.1145/3341525.3387389>.
- Fraser, Neil. 2015. «Ten things we've learned from Blockly». In *2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)*, 49–50. IEEE. <https://doi.org/10.1109/BLOCKS.2015.7369000>.
- Geldreich, Katharina, Alexandra Simon, und Elena Starke. 2019. «Which Perceptions Do Primary School Children Have about Programming?». In *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/3361721.3361728>.
- Greifenstein, Luisa, Isabella Graßl, und Gordon Fraser. 2021. «Challenging but Full of Opportunities: Teachers' Perspectives on Programming in Primary Schools». In *Proceedings of the 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3488042.3488048>.

- Greifenstein, Luisa, Isabella Graßl, Ute Heuer, und Gordon Fraser. 2022. «Common Problems and Effects of Feedback on Fun When Programming Ozobots in Primary School». In *Proceedings of the 17th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3556787.3556860>.
- Greifenstein, Luisa, Isabella Grassl, Ute Heuer, und Gordon Fraser. 2024. «“Help Me Solve It” or “Solve It For Me”: Effects of Feedback on Children Building and Programming Robots». In *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630752>.
- Greifenstein, Luisa, Ute Heuer, und Gordon Fraser. 2024. «Hint Cards for Common Ozobot Robot Issues: Supporting Feedback for Learning Programming in Elementary Schools.» In *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630868>.
- Grover, Shuchi, und Satabdi Basu. 2017. «Measuring student learning in introductory block-based programming: Examining misconceptions of loops, variables, and boolean logic». In *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE technical symposium on computer science education*, 267–72. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017723>.
- Hainey, Thomas, Thomas M Connolly, Elizabeth A Boyle, Amanda Wilson, und Aisya Razak. 2016. «A systematic literature review of games-based learning empirical evidence in primary education». *Computers & Education* 102: 202–23. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.001>.
- Heintz, Fredrik, Linda Mannila, und Tommy Färnqvist. 2016. «A review of models for introducing computational thinking, computer science and computing in K-12 education». In *FIE '16*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757410>.
- Ingold, Selina, und Björn Maurer. 2019. «Making in der Schule. Reibungspunkte und Synergieeffekte». *Chance Makerspace-Making trifft auf Schule*. 59–86. München: kopaed.
- Knaus, Thomas, und Jennifer Schmidt. 2020. «Medienpädagogisches Making: ein Begründungsversuch». *Medienimpulse* 58 (4): 50 Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-04>.
- Köller, Olaf, Felicitas Thiel, Isabell van Ackeren, Yvonne Anders, Michael Becker-Mrotzek, Ulrike Cress, Claudia Diehl, u. a. 2022. «Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)». 185 pages. <https://doi.org/10.25656/01:25273>.
- Lee, Irene, Fred Martin, Jill Denner, Bob Coulter, Walter Allan, Jeri Erickson, Joyce Malyn-Smith, und Linda Werner. 2011. «Computational thinking for youth in practice». *Acm Inroads* 2 (1): 32–37. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>.
- Levy, Ronit Ben-Bassat, und Mordechai Ben-Ari. 2015. «Robotics activities—Is the investment worthwhile?» In *Informatics in Schools. Curricula, Competences, and Competitions: 8th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2015, Ljubljana, Slovenia, September 28-October 1, 2015, Proceedings* 8, 22–31. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25396-1_3.

- Long, Ju. 2007. «Just For Fun: using programming games in software programming training and education». *Journal of Information Technology Education: Research* 6 (1): 279–90. <https://doi.org/10.28945/216>.
- Marwan, Samiha, Joseph Jay Williams, und Thomas Price. 2019. «An evaluation of the impact of automated programming hints on performance and learning». In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research*, 61–70. <https://doi.org/10.1145/3291279.3339420>.
- Michaeli, Tilman, und Ralf Romeike. 2019. «Current status and perspectives of debugging in the k12 classroom: A qualitative study». In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (Educon)*, 1030–38. IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725282>.
- Nenner, Christin, und Nadine Bergner. 2022. «Informatics Education in German Primary School Curricula». In *Informatics in Schools. A Step Beyond Digital Education: 15th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2022, Vienna, Austria, September 26–28, 2022, Proceedings*, 3–14. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15851-3_1.
- Obermüller, Florian, Robert Pernerstorfer, Lisa Bailey, Ute Heuer, und Gordon Fraser. 2022. «Common Patterns in Block-Based Robot Programs». In *Proceedings of the 17th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3556787.3556859>.
- Przybylla, Mareen, und Ralf Romeike. 2014. «Physical Computing and Its Scope—Towards a Constructionist Computer Science Curriculum with Physical Computing.» *Informatics in Education* 13 (2): 241–54. <https://doi.org/10.15388/infedu.2014.05>.
- Read, Janet C. 2008. «Validating the Fun Toolkit: an instrument for measuring children’s opinions of technology». *Cognition, Technology & Work* 10: 119–28. <https://doi.org/10.1007/s10111-007-0069-9>.
- Renninger, K Ann. 2009. «Interest and identity development in instruction: An inductive model». *Educational Psychologist* 44 (2): 105–18. <https://doi.org/10.1080/00461520902832392>.
- Riedo, Fanny, Morgane Chevalier, Stéphane Magnenat, und Francesco Mondada. 2013. «Thymio II, a robot that grows wiser with children». In *2013 IEEE workshop on advanced robotics and its social impacts*, 187–93. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ARSO.2013.6705527>.
- Scaradozzi, David, Laura Sorbi, Anna Pedale, Mariantonietta Valzano, und Cinzia Vergine. 2015. «Teaching robotics at the primary school: an innovative approach». *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 174: 3838–46. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1122>.
- Selby, Cynthia, und John Woollard. 2014. «Refining an understanding of computational thinking». [E-Print] 1-23.
- Sentance, Sue, und Andrew Csizmadia. 2017. «Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher’s perspective». *Education and Information Technologies* 22: 469–95. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9482-0>.



- Spieler, Bernadette, Vesna Krnjic, Wolfgang Slany, Karin Horneck, und Ute Neudorfer. 2020. «Design, Code, Stitch, Wear, and Show It! Mobile Visual Pattern Design in School Contexts». In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–9. IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274120>.
- Spieler, Bernadette, Tobias M Schifferle, und Manuela Dahinden. 2022. «Exploring Making in Schools: A Maker-Framework for Teachers in K12». In *6th FabLearn Europe/MakeEd Conference 2022*, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3535227.3535234>.
- Vivian, Rebecca, Shuchi Grover, und Katrina Falkner. 2020. «Knowledge, Skills, Attitudes, & Beliefs: Learning Goals for Introductory Programming». In *Computer Science in K-12: An A to Z Handbook on Teaching Programming*, 113–24. Edfinity.
- Weiner, Bernard. 1985. «An attributional theory of achievement motivation and emotion.» *Psychological review* 92 (4): 548. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.92.4.548>.
- Wisniewski, Benedikt, Klaus Zierer, und John Hattie. 2020. «The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research». *Frontiers in Psychology* 10: 3087. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03087>.
- Yadav, Aman, Sarah Gretter, Susanne Hambrusch, und Phil Sands. 2016. «Expanding computer science education in schools: understanding teacher experiences and challenges». *Computer science education* 26 (4): 235–54. <https://doi.org/10.1080/08993408.2016.1257418>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler
und Tobias M. Schifferle

From Smartphone to Fabric: Mobile Embroidery Programming

Improving the maker workflow to reduce entry barriers in STEAM

Sarina Gursch¹ , Stephan Robinig¹ , Patrick Ratschiller¹ , Stefan Kutschera¹ , and
Wolfgang Slany¹ 

¹ Technische Universität Graz

Abstract

Equipping the next generation with skills in science, technology, engineering, art, and mathematics (STEAM), including computational thinking and graphic design, is crucial. Yet it can be difficult for young people to sustain interest in technology – particularly for girls due to persistent differences in their socialization. Project-based learning combining hands-on experience with fashion and design offers a promising means of sparking and sustaining interest in technology. Mobile embroidery programming is one such project, but there are still challenges to be overcome in transferring embroidery files to programmable embroidery machines as part of school courses or coding weeks. This report presents a device we developed that facilitates wireless file transfer. The embroidery file, encoded in a common format like DST, can be wirelessly transferred to the embroidery machine. We optimized the process of the embroidery workflow in a series of 14 workshops. Furthermore, we tested additional hardware for embroidery file transfer based on Raspberry Pi on a group of 18 participants. Our findings suggest that wireless file transfer may be useful with other maker devices such as 3D printers. The results will benefit schools, maker spaces, code clubs, and individual users seeking to engage in STEAM activities.

Vom Smartphone zum Stoff: Mobile Stickprogrammierung. Verbesserung des Arbeitsablaufs für Maker Education zur Reduzierung von Einstiegshürden in MINKT

Zusammenfassung

Die Vorbereitung der nächsten Generation mit Fähigkeiten in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Kunst und Technik (MINKT), einschliesslich des Denkens in Bezug auf Computer und der Gestaltung von Grafiken, ist von entscheidender Bedeutung. Die Aufrechterhaltung des Interesses an der Technik, insbesondere bei Mädchen, kann jedoch

eine Herausforderung darstellen. Projektbasiertes Lernen, das praktische Erfahrungen mit Mode und Design kombiniert, bieten einen vielversprechenden Ansatz für Mädchen. Eine Herausforderung ist die Übertragung von Stickdateien auf programmierbare Stickmaschinen während Schulkursen oder Coding Weeks. In diesem Bericht wird ein von uns modifiziertes Gerät vorgestellt, das die drahtlose Übertragung von Dateien ermöglicht. Die Stickdatei, die in einem gängigen Format wie DST kodiert ist, kann drahtlos zur Stickmaschine übertragen werden. Anhand von 14 Workshops haben wir den Ablauf des Stickworkflows optimiert. Darüber hinaus haben wir die Hardware für die Übertragung von Stickdateien auf der Basis des Raspberry Pi an einer Gruppe von 18 Teilnehmern getestet. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die drahtlose Dateiübertragung auch mit anderen Maker-Geräten, wie z. B. 3D-Druckern, nützlich sein kann. Die Ergebnisse kommen Schulen, Maker Spaces, Code Clubs und Einzelpersonen zugute, die sich an MINKT-Aktivitäten beteiligen möchten.

1. Introduction

There is a growing gender gap in science, technology, and innovation in developed countries (Gursch et al. 2022). At the same time, these fields are evolving more rapidly than ever before. To ensure that men and women have equal opportunities to shape innovation, young people must be equipped with key skills in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) for their future jobs and ventures. STEAM extends the STEM concept by adding the arts – for instance, graphic design skills (The Conversation 2018). STEAM education encourages students to transfer their knowledge across disciplines (Bertrand and Namukasa 2020). Sustaining young people’s interest in technology remains challenging, however – especially due to persistent differences in socialization between boys and girls. Initiatives such as coding clubs and special programs have been developed to counteract this problem (Buhnova and Prikrylova 2019; Kelleher and Pausch 2007). Project-oriented access to technology through hands-on experience, especially in combination with art, offers a promising approach to STEAM education for girls. It provides the opportunity to see how different fields are connected through interdisciplinary and even transdisciplinary learning (Liao 2016). One approach, the use of programmable embroidery machines, has proven effective in encouraging girls to program (Gursch et al. 2021). Children and teenagers can create their own designs, program them, and have them embroidered onto fabric with an embroidery machine. Barriers to this creative process still exist, however: the availability of the necessary machines, the skills to operate them, and the actual file transfer to the embroidery machine in the context of school courses or coding weeks. Transferring data from one or even multiple student devices to an embroidery machine involves various intermediate steps, complicating course implementation.

This report describes a process to facilitate file transfer. We show how to transfer a design onto textiles with the help of an embroidery machine. All that is needed is a smartphone with an app such as Embroidery Designer for Android and iOS to implement the user's design. The next step is to transfer the created embroidery file, encoded in a common embroidery file format such as DST, to the embroidery machine. Next, the embroidery machine is used in interaction with an operator, often the users themselves, to stitch the design onto a textile. The optimization of the process builds on studies carried out in the context of the Code'n'Stitch project. In this project, fourteen workshops were conducted that served in evaluating the approach. Furthermore, additional hardware based on Raspberry Pi for transferring the embroidery files was tested on a group of 18 participants. Using devices like Raspberry Pi Zero W allowed us to create a small device that interfaces the programmable embroidery machines via a USB-OTG (on-the-go) connection. Users can send their creations via Bluetooth or a network connection to the interfacing Raspberry Pi. A Samba network share is used for network connectivity, while a modified version of a BlueZ agent manages the Bluetooth interface. A file system watchdog is used to move new files to a folder that serves the USB-OTG connection. We show that this embroidery and programming approach is suitable for young people and present its use in the school or maker education context. Through these findings, anyone with a smartphone and access to an embroidery machine can create their own design on a textile. Although these maker platforms enhance the user experience, they come with a slightly higher entrance barrier for educators due to the necessary steps for setting up the hardware.

Here we show that the increasing availability of maker platforms can be used to improve the workflow and scalability of programmable embroidery machines. This approach allows us to provide users with a seamless experience for learning new skills. Furthermore, we present the possibilities of the required tools: a smartphone with a corresponding app, a Raspberry Pi, and an embroidery machine. Through the additional use of the Raspberry Pi, the DST files no longer have to be transferred to a USB stick but can be sent directly by Bluetooth. This approach simplifies course implementation and will benefit schools, maker spaces, code clubs, individual users, and businesses providing embroidery services to customers. Our results are useful for users including educators, artists, fashion designers, and young people. Moreover, using a Raspberry Pi to transfer files is not limited to the embroidery machine use case. We found that the Raspberry Pi can be used with many maker devices such as 3D printers. It is expected that our Raspberry Pi-based solution will support a number of maker scenarios in which data have to be transferred from mobile devices to maker machinery.

CatroPi is specifically tailored to transferring files quickly via a wireless or Bluetooth connection to the maker device without any need for other tools or devices. Compared to other Raspberry Pi-based solutions (such as Octoprint¹ or Klipper²), CatroPi is a lightweight, general-purpose device and not tailored to any specific maker device, which makes it usable for any device that accepts file transfer through USB. Our solution is beneficial for a broad spectrum of applications and will help empower young users in their learning processes, enabling them to more easily create embroidery works from their own designs. This promises to spark enthusiasm and foster computational thinking and STEAM skills. The report answers the following questions:

- What advantages can the CatroPi prototype offer in maker education?
- Which steps are needed for creating an embroidery work using a smartphone?

2. Related Work

In recent years, many initiatives and research projects have been conducted in the context of maker spaces for different age groups. Maker spaces offer the possibility to provide learners with hands-on experience. STEM and specifically STEAM education significantly benefits students because it allows them to apply theoretical concepts in practice (Connor, Ferri, and Meehan 2013). Maker spaces aim to bring STEAM subjects closer to students and foster their creativity and innovation (Galaleldin et al. 2016). This report focuses on the aspects of file transfer in maker spaces and the creation of an embroidery design, which are briefly outlined below.

2.1 File Transfer in Maker Spaces

Maker spaces often provide devices from 3D printers and laser cutters to embroidery machines that have WiFi connectivity and therefore offer a simplified file transfer mechanism. Some 3D printers can be connected to a network, making it possible to send files directly (Figuera, Dong, and El Saddik 2013). However, embroidery machines with WiFi connectivity are expensive, and while those without such hardware may offer data transfer through USB sticks or SD Cards, there is often little documentation available on this feature. Some publications have demonstrated how embroidery can be done using PC software, and mention that a USB connection, flash card, or USB stick is needed to transfer the design to the machine, or explain how the data can be streamed to a micro controller (Devi et al. 2019). In the context of file transfer for maker spaces, the issue of file transfer has been discussed, especially for 3D printers. Marques, Williams and Zhou (2017) use an Arduino Yun on top of a

1 <https://octoprint.org/>.

2 <https://www.klipper3d.org/>.

small mobile 3D printing robot. The machine code instructions, which are similarly used on computer numerical control (CNC) machines, known as G-code, also must be transferred to the robot. Successful transfer requires a wireless connection to a PC that streams G-code data containing the printing information to an Arduino Mega that operates as the main circuit for the printing robot. A WiFi-enabled USB memory stick was sold in 2016 by the company SanDisk (SanDisk Connect Wireless Stick), although the device seems to have been discontinued. However, while this device made it possible to send files to the USB stick using WiFi, this was only possible when the device was not plugged into a USB port. Thus, the use case would still demand unplugging the stick from the device in the maker space (embroidery machine, 3D printer, etc.) each time a file is sent to it, which makes the process more complicated than with the CatroPi we present. There are a few microcontrollers that can be used for 3D printing (Evans 2012). An interesting aspect is that Printrboard uses a USB interface connected to the host PC or alternatively an SD card reader to supply the files. The Sanguinololu board uses USB only. Various free software programs can control 3D printers. For this purpose, a Raspberry Pi is connected to the 3D printer and controlled using the OctoPrint software. OctoPrint also makes it possible to control other maker devices with additional plugins. Like Klipper, OctoPrint has the main function of communicating with the 3D printer via G-code. It also requires that software be installed on the end device. With OctoPrint, in contrast to CatroPi, no further software is needed for the smartphone (or laptop). There is, however, a smartphone app available where the smartphone itself can be connected to the 3D printer instead of a Raspberry Pi board. This shows the relevance and significance of CatroPi, since it improves the workflow when transferring files to a maker space device with more users simultaneously. Since file transfer with the USB stick takes time, with multiple steps such as reconnecting to the embroidery machine and having an overview of the right USB stick with the suitable file in groups, the connection with CatroPi can be simplified by sending a file during the embroidery process. Connecting CatroPi with the local network provides file access through the network share, simplifying the maker process logistically. Additionally, the hardware cost is lower than a maker device with comparable connectivity options.

2.2 *Creating an Embroidery Design*

The development of physical computing enriches maker spaces to benefit learning in STEAM fields. Physical computing through robotics and wearables encourages students to acquire STEAM skills (Merkouris, Chorianopoulos, and Kameas 2017). In particular, e-textiles and wearable computing offer promising introductions to computer science and foster learning in STEAM fields (Buechley, Eisenberg, and Elumeze 2007; Kafai et al. 2019; Lau et al. 2009). The combination of art and STEM in STEAM

is applied in pattern design and implementation. The platform Turtlestitch, for example, which is based on Scratch, uses pattern design and programming (Wolz, Auschauer, and Mayr-Stalder 2019). Previous work shows that embroidery programming is an appealing approach to teaching computational thinking skills (Spieler et al. 2018; Gursch et al. 2021; Gursch 2022).

This report is founded on past research on the workflow for the realization of self-created embroidery work in the context of teaching STEAM skills. Some of this research gave examples of a possible embroidery workflow – from drawing, creating, and implementing a design to the final result (Schneider and Boufflers 2019; Wolz, Auschauer, and Mayr-Stalder 2019) – utilizing vector drawing, programming (using Scratch), and image manipulation, among other methods. However, previous research still lacked an optimized workflow, which was the focus of the present work. The use of a smartphone to program the design for the embroidery work offers a particular advantage of our approach: it can be programmed anywhere, and no additional hardware needs to be purchased.

3. Methodology

This report focuses on two key aspects: first, the process of creating a design with a smartphone and embroidering it onto fabric, and second, the improvement of the process by developing a new option for wireless data transfer.

3.1 Setting

First, a smartphone (e.g., Samsung Galaxy A50) is needed with the Embroidery Designer app. The app is available in the Google Play Store, the App Store, and the Huawei AppGallery. A smartphone with the Embroidery Designer app can be used to create a DST file, a format that can be read by an embroidery machine. The wireless connection is provided by a Raspberry Pi with a certain software (see Section 3.2). For this, we developed a software prototype that we call CatroPi. The purpose of CatroPi is to transfer a DST file wirelessly to an embroidery machine, thus avoiding the use of a USB stick. Finally, an embroidery machine that can read DST files is required. We have worked with the BROTHER Innov-is M240E Disney and the Innov-is NV2600 sewing and embroidery machine.

3.2 *Setting up CatroPi*

This section describes the installation and setup of the prototype CatroPi. This technical description of scripts and other features required for the Raspberry Pi to establish a wireless connection between, in this case, an embroidery machine and a terminal device such as a smartphone or laptop/computer. It should be noted that only a Bluetooth function is required for the end device for file transfer.

3.2.1 *Wireless connection*

One result of the report is the wireless data transfer with the CatroPi. Figure 1 shows the comparison of the file transfer between the CatroPi and a USB stick. The file transfer through USB stick requires data transfer by e-mail or cloud storage (for instance, Google Drive) to a computer or laptop with a USB port. As a next step, the USB stick can be plugged into the embroidery machine. For the file transfer through CatroPi, the file can be sent directly to the Raspberry Pi that is plugged into the embroidery machine. Therefore, the watchdog monitors the main data flow and handles the file system behavior. As the watchdog is implemented in Python, it is easily adaptable to the specific needs of the individuals using the solution. A network share implemented with Samba provides easy file access via the local network and allows for data management through a simple file explorer. Finally, the Bluetooth agent, which is based on a sample implementation of a BlueZ Bluetooth agent,³ can be used and modified for the specific security needs of the use case. Alongside the Bluetooth agent, an OBEX server accepts incoming files transferred via Bluetooth. However, the main functionality that enables the device's functionality is its hardware support of USB-OTG,⁴ which allows it to act as both a host and a peripheral device.

³ For reference implementation, see: <https://github.com/bluez/bluez/blob/master/test/simple-agent>.

⁴ For further information on USB-OTG, see: <https://gist.github.com/gbaman/50b6cca61dd1c3f88f41>.

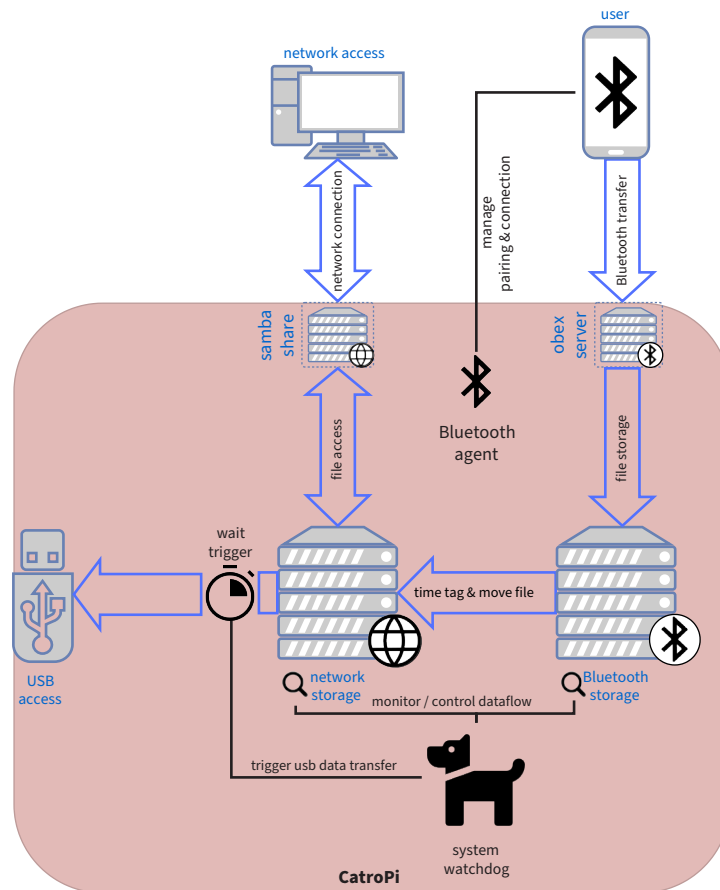


Fig. 1: CatroPi's data flow.

3.2.2 Development of the software

Our software implementation was initially designed for use with Raspberry Pi Zero devices. Due to hardware supply issues, however, it was found that it is beneficial to provide software support for a broader range of hardware devices such as the Banana Pi Zero. The installation script should work out of the box, with minimal user input required.⁵

3.2.3 Installation script

An installation script has been created to make setting up devices more accessible and less error-prone. Through the script, many parameters of the behavior can be tweaked. The default settings for newly created devices are designed to create an 8GB binary file, which will act as the USB storage for CatroPi and the necessary

⁵ For details, see: <https://github.com/Stofflr/CatroZero>.

folder structure for handling incoming files by Bluetooth, and for the network share. Furthermore, the installation script enables the essential modules for the USB-OTG functionality. It configures the Bluetooth interface and connectivity settings, the network share, and all the necessary dependencies and scripts run at boot to enable the device's functionality. At the top of the file `install.sh`, the variables `delay`, `hostname`, `wififile`, `blfile`, `mountfile`, and `datafile` can be modified to customize the behavior and structure of the device. To adjust the file size of the emulated USB stick, the `dd if=/dev/zero of=$datafile bs=1M count=8K &`⁶ command in line 34 of the installation script can be modified.

For the installation script to function, the CatroPi Github Repository needs to be cloned or copied onto the device.⁷ After the files are on the device, the install script can be executed with root privileges using `sudo bash ./CatroZero/install.sh`.

3.2.4 Bluetooth agent and file handling

A Bluetooth agent is necessary to allow incoming Bluetooth connections and pairing. In our case, we modify a simple reference BlueZ agent. The behavior of this Bluetooth agent can be modified to the specific end user's needs. With a basic understanding of the GPIO of the used hardware device, it would be recommended to display the Bluetooth pairing code, which is not displayed on the current implementation, on a small attachable LCD screen. The Bluetooth agent handles the pairing and connection through the program `obexpushd`,⁸ The OBEX (object exchange) protocol over Bluetooth is used to handle the incoming files from the previously paired devices and store them in the corresponding folder defined in the installation script.

The main software component of the device is the filesystem watchdog. It ties together all of the features above and ensures a proper data stream from the network and Bluetooth connection. Once file system changes are detected, they are processed by the watchdog and stored in a process queue. The queue ensures proper handling of larger files, which tend to be processed in chunks. Files transferred by Bluetooth are timestamped, as sending files with the same name would fail otherwise, and the files are moved to the network storage of the system. Once the watchdog detects no further file transfers within the defined delay, it proceeds to transfer the data to the USB-OTG side of the system. Due to the limitations of USB-OTG, the data transfer is only unidirectional. This leads to files needing to be updated and displayed once they are added to the CatroPi. For this reason, a virtual replug is realized by disabling and enabling the USB-OTG mass storage interface, which updates the displayed files on the device the CatroPi is plugged into.

6 For further details, see `dd` command at: <https://manpages.org/dd>.

7 For the CatroPi Github Repository, see: <https://github.com/StoffIR/CatroZero>.

8 For further details, see `obexpushd` at: <https://manpages.org/obexpushd>.

3.3 Assessment

The observation of the entire workflow from the Code'n'Stitch project framed the crucial steps for the work of this report. In total, 14 workshops (four units of 2x50 minutes) were carried out with 229 students (106 boys, 123 girls) between 10 and 14 years of age. Furthermore, qualitative data were collected on the designs created by the students and their final work (programmed DST file). The workshops were coordinated with the teachers and held in four units (two double lessons each). These four units were:

- Unit 0: drawing a design to be stitched,
- Units 1 and 2: programming the drawn design,
- Unit 3: embroidering the design onto the fabric, laying the foundation for a possible workflow.

In addition, two week-long initiatives were held at Graz University of Technology to assess the workflow and its improvement through wireless data transfer. The first coding initiative in 2021 served to carry out and verify the four steps. Subsequent observations helped to identify existing barriers (such as file transfer). Another obstacle was the realization of the programmable design within the available time. After the coding initiative in 2021, the target state was defined and implemented as described in Section 3.2. The new technology for wireless file transfer, the CatroPi, was used in the second coding initiative in 2022. The observations and feedback of trainers verified the success of this new approach (see Section 4).

3.4 Coding Initiative

The one-week event took place as part of a summer course for students at Graz University of Technology. The courses were held for three hours in the morning and three hours in the afternoon. Students at the Graz University of Technology supervised the participants. The supervisors were experts in STEAM fields and had years of experience teaching and guiding young people in STEAM subjects. The *embroidery programming units* were held following the workflow of the Code'n'Stitch project, as demonstrated in Figure 2. Both the girls themselves and their legal guardians gave consent to the report on the coding initiative in 2021 and in 2022. Information on the age and number of participants is shown in Table 1.

	Participants	Average age	Age range
coding initiative	21	13.86	12-18
coding initiative	18	12.56	10-15

Tab. 1: Total participants and age range of the coding initiative.

4. Results

The entire process of this work produced two main results. One was the process of a (possible) workflow for creating an embroidery work using a smartphone. The second was the use of CatroPi in an educational setting (the coding initiative Girls Coding Week 2022). This led to the introduction of the first wireless connection for file transfer in the workflow for creating an embroidered product (bag or T-shirt).

4.1 CatroPi: First Usage in a Coding Initiative

One result of the report was the successful wireless data transfer with CatroPi in an educational setting. First, the entire Raspberry Pi was modified (see section 3.2.) to transfer files via a wireless / Bluetooth connection to a maker device: in this context, an embroidery machine. This made it possible to send a DST file to the embroidery machine with any end device (smartphone, laptop, etc.) wirelessly.

In the coding initiative, participants drew a design that they self-programmed. CatroPi was used to send the design from a smartphone through a wireless Bluetooth connection to the embroidery machine, and the embroidery machine embroidered the DST file onto T-shirts and bags. As the embroidery process can take more than 10 minutes depending on the design, there is usually a queue. Multiple participants had to wait for their designs to be embroidered. While CatroPi is plugged into the embroidery machine, additional files can be sent during the embroidery process. The file then only has to be selected, and the next design can be embroidered directly without waiting or plugging another USB stick in.

The designs can also be changed at the last minute and sent again. Most of the participants programmed with their own smartphones. Many steps were saved here, such as sending the file to a USB-compatible device (laptop), creating cloud space folders, and accessing them. The file transfer process was almost trivial, as most participants managed to send the file to the CatroPi without help.

4.2 Optimized Workflow

During the Code'n'Stitch project (229 participants), 217 ideas were guided through the workflow (Steps 1–4) from the initial idea to the final embroidered work. We found that the procedure for creating a self-programmed embroidery work using a mobile device includes four steps (Figure 2).

1. Design
2. Programming
3. File transfer
4. Embroidery of design onto fabric.

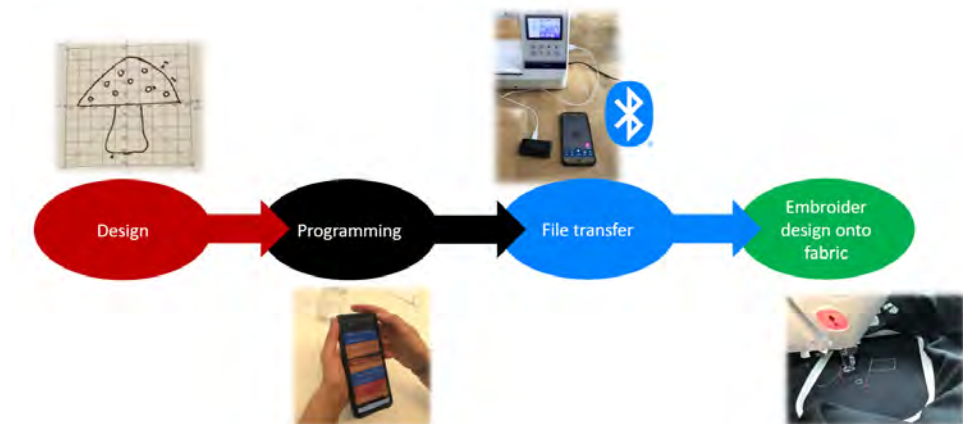


Fig. 2: Process from the design to the final embroidery.

The following subsections describe the results of the workflow for mobile embroidery programming. They also show how it is possible to embroider fabric with an embroidery machine and a self-programmed DST file through a smartphone.

4.2.1 Design

The first step is to create an embroidery design. An idea needs to be drawn or illustrated using a program. The embroidery design should be designed in such a way that it can be logically programmed. We have found that straight lines, circles, or geometric patterns are easy to realize. Shapes, animals, or logos can be implemented as long as they are made up of simple lines and curves. Figure 3 shows programmable embroidery designs.

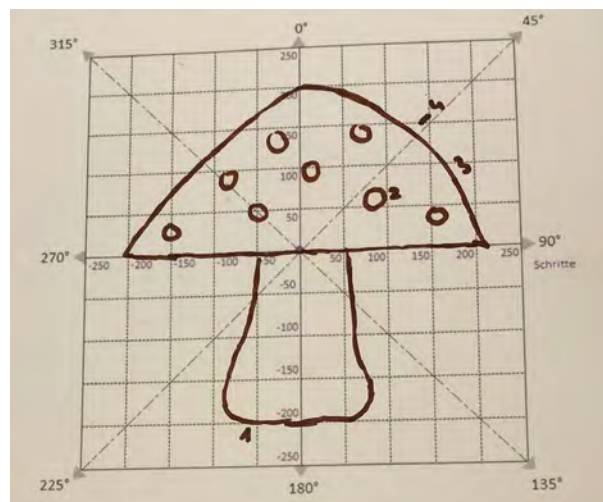


Fig. 3: Step 1, Design.

4.2.2 Programming

The next step is to implement the drawn design (Figure 4). With the help of the Embroidery Designer app (or Pocket Code) on the smartphone, this can be programmed easily. The first steps on how to use the app, how to program anything from simple shapes to complex figures, and how to fill areas, are described on the project's wiki.⁹ Once the design has been programmed, it is still necessary to check the program for several key points: One is the size of the self-programmed design (the hoop size sets the bounds and is therefore considered the maximum size). Another are loose threads (jumps) in the program that must be programmed accordingly; otherwise, the work will disintegrate over time after embroidering.

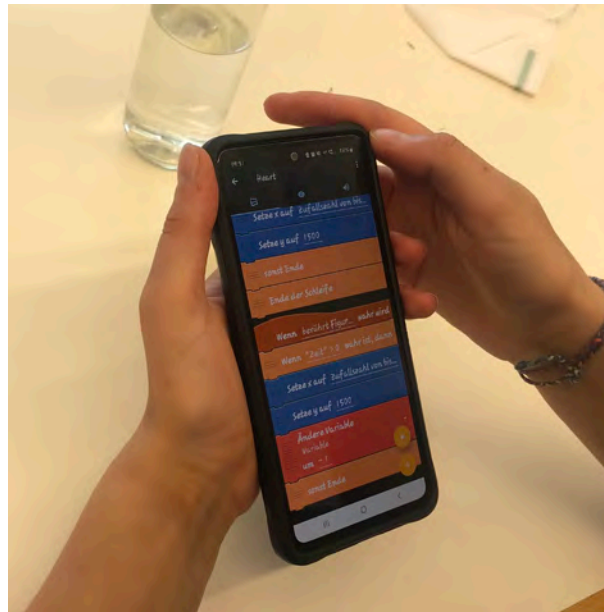


Fig. 4: Step 2, Programming.

4.2.3 File transfer

Once the implementation has been completed according to the design, it can be transferred to an embroidery machine as a DST file. We therefore developed a new way to transfer the file wireless directly from to smartphone to the embroidery machine. The CatroPi must be connected to the machine's USB port. When the smartphone is paired with the CatroPi, the file can be sent directly and will be visible in the embroidery machine's user interface (see Figure 5).

⁹ See: <https://wiki.catrobat.org/bin/view/Education/Embroidery/>.



Fig. 5: Step 3, File Transfer.

4.2.4 Embroidering the design onto fabric

First, the fabric to be embroidered must be clamped in the hoop. Depending on the fabric, an embroidery stabilizer should be used. The embroidery thread needs to be selected according to the design. The yarn is threaded through the embroidery machine. The next step is to adjust the embroidery machine settings. This includes choosing the correct needle, thread tension, and embroidery program. Once the settings have been selected, the actual embroidery process can begin. The embroidery machine reads the DST file's design and moves the needle accordingly to embroider the fabric (see Figure 6). When the embroidery machine is finished, check the pattern to ensure there are no mistakes and everything has been embroidered correctly. If necessary, corrections can be made before the hoop is removed from the embroidery machine.



Fig. 6: Step 4, embroidering the design onto fabric.

5. Discussion

The main findings of this report show that the process from self-designed embroidery idea to embroidered work always depends on specific steps. In this work, these were summarized in the context of an educational project. The report describes four steps: 1) creating a design, 2) programming, 3) transferring the file, and 4) embroidering the design onto the fabric. These steps are crucial to a structured workflow. From the observations, the following has emerged: The design should be kept simple (only lines, circles, or similar), making it easier to create an embroidery work. Depending on the user's programming skills, however, more complex designs or shapes are possible. More advanced users can create code to automatically fill areas, insert variables to change the shape of the programmed design, and much more. There are almost no limits to programming a design as long as the final size of the design does not exceed the hoop size. These findings build on the Code'n'Stitch project with its 14 workshops. The course design aimed to guide each participant (299) from a self-drawn design to an embroidered shirt or bag as the final product. In total, 217 ideas were implemented and thus guided through the entire workflow. With four defined steps, it is possible to guide groups or courses through the process and indirectly introduce basic programming skills. Both coding initiatives followed the workflow in blocked units. One part of this week-long event was mobile embroidery programming. Several participants used more units for this purpose and embroidered more complex designs.

A further result of this report is data transfer (DST files), especially in the context of maker education. We demonstrate a new approach to file transfer through CatroPi. Devices like the Raspberry Pi Zero W allow the creation of a small device

that interfaces with programmable embroidery machines. Once CatroPi is plugged into the embroidery machine, it is possible to send the files (DST file) directly from the smartphone via Bluetooth or a network connection to the interfacing Raspberry Pi. However, especially for collaboration in groups, CatroPi offers the possibility to transfer multiple files at the same time or at random intervals that are not easily predictable. Even though only one person is using the embroidery machine, there is no need to plug another USB device in for a new file, which saves time when it is most needed. The DST file can be sent to the embroidery machine by Bluetooth from different devices. If CatroPi were not used, conducting courses with a smartphone would require additional steps. Since most people use smartphones, and since smartphones have different USB cable connections, connecting the smartphone directly to the embroidery machine by USB creates struggles. In addition, iPhone users face additional obstacles to transferring files via USB and may have to send the files to a computer, copy them onto a USB stick, and plug this into the embroidery machine. We demonstrate how CatroPi can replace the conventional way of using a USB stick. Although this requires setting up hardware (like Raspberry Pi) in advance, once CatroPi is ready, the advantage of sending files directly from the smartphone improves the maker's education. CatroPi has been used on a group of 18 participants. Although this was only done with a small group, it showed a clear advantage over previous courses. The time saved was substantial. If there was no e-mail account on the smartphone, it was necessary to set it up, send the file to a laptop, and then transfer it via USB stick to the embroidery machine. Once the device was paired via Bluetooth, it was possible to send files to the CatroPi plugged into the embroidery machine.

The time saved in groups, especially in maker spaces, is significant with CatroPi. We found that an average skilled educator takes around 45 seconds using a USB stick to get the files from the embroidery app on the smartphone to the embroidery machine (maker device). In comparison, using CatroPi, the time needed to transfer files is either ~10 seconds on the first file sent (due to the pairing process) or ~3 seconds if the smartphone has previously been paired with CatroPi. The regular workflow of sending the files includes sending them via a messaging/mail app to a personal computer, where they can be moved onto the USB drive. It has been found that not only is the time needed for helping students reduced; the perceived impact of interruptions is also less disruptive for the educator workflow, which leads to a better teaching environment. CatroPi allows multiple students to send their work to the device in parallel without having to keep track of a physical USB drive. In addition, CatroPi can receive other files while it is connected to the embroidery machine. In contrast, a USB stick must be plugged in and unplugged from the computer and embroidery machine when a new file is to be transferred. Some of the unpredictable overhead can be avoided through the use of multiple USB sticks.

The time saved for transferring files in courses by using CatroPi is significant. Users can start embroidering as soon as the first file has been sent to CatroPi for embroidery. It is possible to send further files to CatroPi and use them afterward, even if the embroidery process is running. There is no need to reconnect a USB stick with new files and keep track of several sticks. Furthermore, most participants managed to send the file to the CatroPi themselves. No additional support is needed, such as sending the file to an e-mail account or cloud storage and transferring it to a USB stick. Furthermore, the connection via Bluetooth and the file sending does not require the intermediate solution of the USB stick. CatroPi makes it possible to send several files to the embroidery machine simultaneously. Since the embroidery process can take several minutes, another file can be received while it is running. As soon as one file has started the embroidery process, additional files will be received. Furthermore, most participants manage to send the files themselves. The smartphone can be easily connected to the CatroPi by Bluetooth or network.

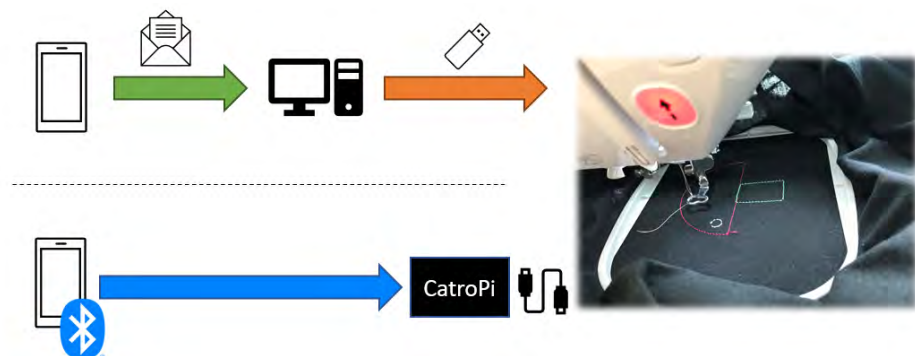


Fig. 7: File transfer, USB vs. CatroPi.

Figure 7 shows the steps for the DST file transfer from USB versus CatroPi. CatroPi allows the DST file to be sent directly to the embroidery machine. With a USB stick, on the other hand, if not all files have been sent, the stick has to be plugged back into the computer and the embroidery machine. Otherwise, several USB sticks might be used, but one must know which file is on which USB stick. There was only one USB port with the machines we have used so far. Most of the time, the participants needed support to send the files by e-mail or save them in a drive folder to transfer them from the laptop to the USB stick. With CatroPi, however, most participants sent the files directly to the embroidery machine without needing any additional assistance.

Overall, CatroPi makes data transfer almost trivial, especially for coding initiatives or courses in an educational setting. The plugged-in CatroPi enables a Bluetooth connection between the embroidery machine and the end devices, users' smartphones. The participants usually accomplish data transfer without any

support from the supervisor, which simplifies course conduct. The trainers, supervisors, or instructors can therefore spend more time supporting the embroidery process or programming the design. Furthermore, CatroPi can be used with other end devices such as 3D printers, offering a further advantage for maker education.

Throughout this report, four steps for creating an embroidery work with an embroidery machine have emerged. These four steps (see Section 4.2) can be used as a basis for implementation, especially in coding initiatives. Teachers, educators, and practitioners can also expand or elaborate on these steps and adapt them to create an individual practice framework. We suggest that computer science and handicraft teachers collaborate in school settings and adapt these steps appropriately. Handicraft teachers could help students create the design and carry out the embroidery process, and computer science teachers could work with the students throughout the programming process.

Further findings proved helpful during the implementation and conduct of these coding initiatives:

1. Depending on the users' programming skills, designs should start simpler (lines, circles, etc.), especially with novices. After beginning to program, users can approach more complex designs.
2. Educators should plan enough time to use the embroidery machine. The process of hooping and embroidering requires time, especially in groups.

6. Outlook

The workflow demonstrated here provides future teachers, curriculum designers, maker educators, and code clubs a possible framework for their mobile embroidery programming lessons. The use of smartphones opens up new possibilities: participants can use apps such as Embroidery Designer or Pocket Code on their smartphones. The course designer only requires an embroidery machine, which costs around 600 euros, to enable participants to embroider self-created work on clothes, bags, and other textiles. Hands-on experience is precious in the field of STEAM: it allows learners to translate concepts and theories into practical solutions. This helps them to understand concepts and systems and how they work in practice. Art and computer science teachers are in an ideal position to offer engaging STEAM lessons.

In addition, there are many possibilities for focusing not only on embroidery works but even on e-textiles (see Figure 8) or even going one step further toward smart textiles (see Figure 9). The control of the smartphone also makes it possible to use its sensors, as the app Embroidery Designer is based on the app Pocket Code and has inherited all its functionalities.



Fig. 8: Smart textiles.



Fig. 9: E-textiles.

Future work could apply continuous delivery methods to supply the maker devices (embroidery machines, 3D printer) with files. This can be achieved by adding a web interface for easier reachability from the outside. The maker device does not have to be in the same room. In addition, for multiple machines, a load-distributing queue could be implemented that would automatically distribute work to machines that are free to use or available at the moment. Designs can even be embroidered if participants are not physically present at the event. Therefore, multiple events can be hosted in different places, and a code-based login could be used to divide the various locations into separate workspaces. At a later point in time, cooperation with companies (such as clothing manufacturers) would be possible since they could download the embroidery files from a trusted source. In addition, the interface emulating a USB device can be used on machines with similar use cases (e.g., 3D printers). All file types are supported. The machine only needs to be able to use USB devices as a file source.

References

- Bertrand, Marja G., and Immaculate K. Namukasa. 2020. "Steam Education: Student Learning and Transferable Skills". *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning* 13 (1): 43–56. <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>.
- Bertrand, Merkouris, Alexandros, Konstantinos Chorianopoulos, and Achilles Kameas. 2017. "Teaching programming in secondary education through embodied computing platforms: Robotics and wearables". *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 17, (2): 1–22. <https://doi.org/10.1145/3025013>.
- Buechley, Leah, Mike Eisenberg, and Nwanua Elumeze. 2007. "Towards a Curriculum for Electronic Textiles in the High School Classroom". In *Proceedings of the 12th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 28–32. <https://doi.org/10.1145/1268784.1268795>.
- Buhnova, Barbora, and Dita Prikrylova. 2019. "Women Want to Learn Tech: Lessons from the Czechitas Education Project". In *2019 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Gender Equality in Software Engineering (GE)*, 25–28. <https://doi.org/10.1109/GE.2019.00013>
- Connor, Kenneth A., Bonnie H. Ferri, and Kathleen Meehan. 2013. "Models of Mobile Hands-On STEM Education". In *2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, Paper ID 23-910. <https://doi.org/10.18260/1-2--22295>.
- Devi, Sarita, Nirmal Yadav, Nisha Arya, and Sushila. 2019. "Digital Embroidery: An Imagination". *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 8 (6): 127–130.
- Evans, Brian. 2012. *Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing*. Apress.

- Figueroa, Nadia, Haiwei Dong, and Abdulmotaleb El Saddik. 2013. "From Sense to Print: Towards Automatic 3D Printing from 3D Sensing Devices". In *2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 4897–4904. <https://doi.org/10.1109/SMC.2013.833>.
- Galaleldin, Mohamed, Francois Bouchard, Hanan Anis, and Claude Lague. 2016. "The Impact of Makerspaces on Engineering Education". In *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.6481>.
- Gursch, Sarina, Vesna Krnjic, Katja Urak, Michael Herold and Wolfgang Slany. 2021. "How to Encourage Girls to Code Through Embroidery Patterns". In *4th International Conference on Gender Research: ICGR 2021*, Curran Associates, Inc., 122–129. <https://doi.org/10.34190/IGR.21.041>.
- Gursch, Sarina, Katja Urak, Michael Herold, Stefan Kutschera, Silvia de los Rios Perez, Rebecca García-Betances, Maria F. Cabrera-Umpierrez, Yolanda Ursa, Wolfgang Slany, and Vesna Krnjic. 2022. "Inequalities for Women in Science, Technology and Innovation". In *ICGR 2022 5th International Conference on Gender Research*, Academic Conferences and Publishing Limited.
- Gursch, Sarina. 2022. "Coding Initiative Provides Different Approaches to Inspire Girls for Programming". In *30th International Conference on Computers in Education Conference. Proceedings Volume I*, 655–659.
- Kafai, Yasmin B., Debroah A. Fields, Debora A. Lui, Justin T. Walker, Mia S. Shaw, Gayithri Jayathirtha, Tomoko M. Nakajima, and Joey Goode. 2019. "Stitching the Loop with Electronic Textiles: Promoting Equity in High School Students' Competencies and Perceptions of Computer Science". In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1176–1182. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287426>.
- Kelleher, Caitlin, and Randy Pausch. 2007. "Using Storytelling to Motivate Programming". *Communications of the ACM* 50 (7): 58–64. <https://doi.org/10.1145/1272516.1272540>.
- Lau, Winnie W., Grace Ngai, and Stephen CF Chan, Joey CY Cheung. 2009. "Learning Programming Through Fashion and Design: A Pilot Summer Course in Wearable Computing for Middle School Students". In *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 504–508. <https://doi.org/10.1145/1508865.1509041>.
- Liao, Christine. 2016. "From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to Steam Education". *Art Education* 69 (6): 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>.
- Marques, Lucas G., Robert A. Williams, and Wenchao Zhou. 2017. "A Mobile 3D Printer for Cooperative 3D Printing". In *2017 International Solid Freeform Fabrication Symposium*, University of Texas at Austin.
- Schneider, Daniel K., and Lydie Boufflers. "Digital embroidery to teach ict skills". Poster presented at AECT (2019).

Spieler, Bernadette, Vesna Krnjic, Wolfgang Slany, Karin Horneck, and Ute Neudorfer. "Design, code, stitch, wear, and show it! mobile visual pattern design in school contexts". In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, IEEE, 2020, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274120>.

The Conversation, 2018. Accessed November 12 2023. "Explainer: what's the difference between stem and steam?" <https://theconversation.com/explainer-whats-the-difference-between-stem-and-steam-95713>.

Wolz, Ursula, Michael Auschauer, and Andrea Mayr-Stalder. "Code crafting with turtlestitch". In *ACM SIG-GRAPH 2019 Studio*, 2019, pp. 1–2. <https://doi.org/10.1145/3306306.3328009>.



Acknowledgements

This project received funding through Talente: FEMtech Research projects 2017, Code'n'Stitch, eCall/FFGNr. 14975187 / 866755. Our research was supported by the Office for Gender Equality and Equal Opportunity of Graz University of Technology. We thank our colleagues from the Institute of Software Technology (Graz University of Technology) who provided insight and expertise that greatly assisted us in our research. We would also like to thank the students at Graz University of Technology for their support in carrying out the coding initiatives.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

Praxisbericht aus der Schule Lachenzelg (Zürich): Erprobung eines Lasercutter-Projektes im Jahrgangsübergreifenden Unterricht

Saskia Gantner¹  und Philippe Minet¹ 

¹ Schule Lachenzelg, Kanton Zürich

Zusammenfassung

Ist es möglich, alle Klassen eines Schulhauses in ein gemeinsames Laserschneideprojekt einzubeziehen und ein Gemeinschaftsprodukt zu erstellen um einen innerschulischen Kulturanlass zu schaffen? In diesem Beitrag wird das Adventsprojekt im Schulhaus Lachenzelg im Winter 2022 beschrieben. Ziel war es, einen Weihnachtsbaum mit persönlichen Arbeiten stetig zu schmücken. Dabei sollten ein bis drei Sekundarschüler:innen pro Klasse mitwirken können. Dafür sollte jede Klasse zuerst im Klassenrat ihr «Wort des Jahres 2022» küren. Als nächstes wurden aus jeder Klasse zwei «Designdelegierte» ausgewählt, um dieses Wort in einer Sprechblase grafisch umzusetzen und mit Hilfe eines Lasercutters auszuschneiden. So entstanden nach und nach wetterfeste Acrylglas Baumschmuck-Schilder. Neben dem Schmücken des Baumes fanden noch weitere Aktivitäten in den Klassen mit dem Lasercutter statt. In diesem Bericht soll der Prozess dieses Projektes aufgezeigt sowie ein «Lessons Learned» präsentiert werden.

Practice Report from Lachenzelg School (Zurich): Testing of a Laser Cutter Project in Cross-Grade Classes

Abstract

This paper describes the Advent project at Lachenzelg school in winter 2022. The goal was to continuously decorate a Christmas tree with personal creations. One to three secondary students per class should be able to participate. To achieve this, each class was supposed to choose their “Word of the Year 2022” during class council meetings. Subsequently, two ‘design representatives’ were selected from each class to graphically represent this word in a speech bubble and cut it out using a laser cutter. This process resulted in weather-resistant acrylic ornaments for the Christmas tree. Besides decorating the tree, the classes also explored other design possibilities with the laser cutter. This report sheds light on the process of this project and presents lessons learned.

1. Ausgangslage an der Schule Lachenzelg



Das Schulhausprojekt entstand im Rahmen der Weiterbildung «Making im Unterricht», die im Zuge des DIZH-Projektes (Digitalisierungsinitiative der Zürcher Hochschulen) der Pädagogischen Hochschule Zürich in Kooperation mit dem Schulamt der Stadt Zürich angeboten wurde. Das primäre Ziel bestand darin, den Einsatz des Lasercutters im Unterricht zu erproben. Das Projektteam, bestehend aus Philippe Minet (Klassenlehrer, MI-Fachlehrer, Kits Supporter) und Saskia Gantner (TTG-Fachlehrerin, Mittagsangebot «Offene Werkstatt», Schülerorganisation, Dekorationsverantwortliche), sammelte vorerst in den Herbstferien eigene Erfahrungen mit dem

von der PH ausgeliehenen Gerät und entwickelte daraus das beschriebene Projekt. Dieses entstand und entwickelte sich aus diesem Grund sehr spontan und kurzfristig. Es war dem Projektteam von Anfang an ein Anliegen mit dem Lasercutter-Projekt möglichst viele Schüler:innen über alle Jahrgänge ansprechen zu können, die Teilnahme jedoch freiwillig zu halten. Zudem sollte die Umsetzung möglichst direkt vom Projektteam und mit den Schüler:innen nach partizipatorischen Grundsätzen organisiert werden. Nicht zuletzt war es für das Projektteam wichtig, dass am Ende ein finales Produkt entsteht, das für das ganze Schulhaus von Bedeutung ist. Es stand dabei das Lernziel «Schule als Gestaltungs-, Lern- und Lebensraum», wie es im Lehrplan 21 beschrieben ist, im Zentrum:

«Das soziale Zusammenleben, die Gemeinschaft und der Unterricht werden von allen Beteiligten mitgestaltet. Die Schülerinnen und Schüler lernen, sich in der Schule ihrem Alter entsprechend einzubringen und auf Klassen- und Schulebene mitzuwirken. Die Schule als Ort des sozialen, partizipativen Lernens fördert die Beziehungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die Fähigkeit zur Zusammenarbeit und das Übernehmen von Verantwortung für die Gemeinschaft.»¹

Die Jahrgangsübergreifende Anlage ermöglichte eine gegenseitige Wahrnehmung eine damit einhergehende Wertschätzung in der Schülerschaft. Dies war auch im Hinblick darauf wichtig, dass das Schulhaus Lachenzelg im 2023 Tagesschule werden wird. Zudem stand für das Projektteam die Kompetenzorientierung im Zentrum:

«Die Schülerinnen und Schüler werden beim Aufbau von persönlichen Interessen, dem Vertiefen von individuellen Begabungen und in der Entwicklung ihrer individuellen Persönlichkeit ermutigt, begleitet und unterstützt.»²

Aus den beschriebenen Gründen setzte sich das Projektteam als Ziel, den im Schulhaus traditionellen 3.50 Meter hohen Weihnachtbaum mit persönlichen Arbeiten aus möglichst vielen Klassen zu schmücken. Das Projekt sollte jahrgangsübergreifend und partizipativ sein und gemeinschaftsbildend wirken.

Als gestalterische Ausgangslage konnten die Klassen im Klassenrat ihr «Jugendwort des Jahres 2022» wählen. Zur Umsetzung wurden pro Klasse zwei «Delegierte» gewählt, die dieses Wort in einer Sprechblase grafisch umsetzten und danach an einem extra dafür vorgesehen «Cut Day» mit dem Lasercutter auszuschnitten. So entstanden 17 wetterfeste Acrylglas Baumschmuckschilder, die den Schulhausweihnachtsbaum während der Adventszeit sowie am Schulball vor Weihnachten zierten. Die Auflösung, welche Klasse welches Wort weshalb wählte, wurde

1 <https://zh.lehrplan.ch/index.php?code=e%7C200%7C1>.

2 <https://zh.lehrplan.ch/index.php?code=e%7C200%7C1>.

in einem digitalen, wie auch einem physischen Adventskalender Stück für Stück aufgedeckt. Durch eine Onlineumfrage wurde das Lachenzelger Wort des Jahres sowie die gelungenste Umsetzung ermittelt und am Schulball Ende Jahr gekürt.

In diesem Bericht soll der Prozess aufgezeigt werden sowie ein «Lessons Learned» präsentiert werden.

2. Rahmenbedingungen

Bevor das Projekt als solches beschrieben wird, werden zuerst die Rahmenbedingungen definiert, in denen es entstanden ist:

Das Schulhaus Lachenzelg befindet sich am Stadtrand von Zürich. Es ist ein Oberstufenschulhaus mit aktuell 416 Schüler:innen, 20 Klassen sowie 53 Lehrpersonen, mit eigener Kantine und 14 Betreuungspersonen (717 Stellenprozent) auf drei Gebäude verteilt. Die Schule wird im Sommer 2023 zur Tagesschule umgewandelt werden. Die Partizipation und das Gestalten von gemeinsamen Festen haben eine längere Tradition im Schulhaus. So findet seit 15 Jahren vor Weihnachten ein Schulball mit thematischer Dekoration und Schüler:innenauftritten statt. Vor allem in den letzten sieben Jahren wurde die Schüler:innenorganisation besser vernetzt und strukturiert sowie der Klassenrat in allen Klassen intensiviert. Zudem hat das Schulhaus seit vier Jahren in allen Klassen das Lernatelier eingeführt, in dem die Schüler:innen selbständig an Inhalten arbeiten können. Diese Form macht es möglich, Aufträge von aussen in die Klassen zur individuellen Umsetzung zu integrieren. Der plötzliche Lockdown aufgrund von Covid19 im Jahre 2020 und der anschliessende Fernunterricht hat das Schulteam zusammengeschweisst und es konnten viele wertvolle Erfahrungen mit Themen rund um digitale Medien und Kommunikation gesammelt werden. Durch die Pandemie wurde das Bewusstsein für die vielen Möglichkeiten der Kommunikation und Gruppenbildung geschärft. Seit dem Lockdown haben einige digitale Tools die Aufbereitung von Lerninhalten sowie die Kommunikation darüber erweitert. Zudem stehen nun mehr Tablets zur Verfügung, sodass auch in der Werkstatt digital gearbeitet werden kann. Schlussendlich verfügt das Schulhaus über ein starkes Betreuungsteam (Hort), das durch diverse Projekte in den Schulalltag integriert und verflochten ist. Nicht zu vergessen ist auch die mehr als positive Haltung des Hausdienstes, der aktiv das Aufstellen des Baumes unterstützte. Dies alles waren wichtige Anknüpfungspunkte und Voraussetzungen für das Gelingen des Projektes, das darauf abzielte, das «Wir Lachenzelg» zu fühlen, also ein Gemeinschaftsgefühl zu entwickeln.

Traditionsgemäss steht im Schulhaus auf der an die Kantine anschliessenden Terrasse in der Adventszeit ein 3.50 Meter grosser Tannenbaum. Zudem findet seit dem Lockdown im Dezember das «Kerzentunken», in Klassen organisiert, vom Betreuungsteam als Anlass, auch 2022 wieder statt. Dieser Baum steht somit im Herzen

des Schulhauses, wo ihn jeden Tag viele Menschen sehen konnten. Daher eignete sich dieser sehr gut, um ein jahrgangsübergreifendes Gestaltungsprojekt zur Schau zu stellen, als Symbol für gemeinsames Wachstum, gemeinsame Ideen und Identität/Identifikation mit dem Schulhaus.

Ziel war es daher, alle Klassen im Schulhaus einzuladen, einen Baumschmuck zu erstellen. Es war dem Projektteam dabei ein Anliegen, die Schüler:innen in ihrer Lebenswelt und Interessen abholen zu können.

«Kinder und Jugendliche haben das Bedürfnis, ihre eigene Umwelt zu gestalten, Neues zu entwickeln und Bestehendes neuen Anforderungen oder ihren Vorstellungen entsprechend umzugestalten.»³

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel aus «Pinterest», welches das Projektteam inspirierte, zur Baumgestaltung Wörter zu verwenden. Da jeweils im Herbst Langenscheidt das Jugendwort des Jahres kürt, lag es auf der Hand auch Schulhausintern das «Wort des Jahres 2022» zu finden und dieses als Gestaltungsanlass für die comicartigen Wortbubbles zu verwenden.



Abb. 1: Idee von Pinterest, welche zur Inspiration diente. «Dos Piruletas» <https://pin.it/5dPLkRN>.

³ <https://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e%7C7%7C2>.

3. Organisation und Durchführung

Da die Projektidee erst in den Herbstferien entstand, entschied das Projektteam die ganze Umsetzung möglichst schlank in einer Art selbständigem Projektmodul aufzugleisen. Das Projekt wurde als erstes dem Kollegium pünktlich mit der Bekanntgabe des «Wort des Jahres 2022 durch Langenscheidt» vorgestellt mit dem Auftrag, mit der Klasse ihr Wort des Jahres herauszufinden. Das Projekt stand allen Klassen offen, die Lust dazu hatten. Um das Projekt zu bewerben, wurden Flyer im ganzen Schulhaus aufgehängt (siehe Abbildung 2). Zur Wahl des Wortes standen knapp zwei Wochen zur Verfügung. Um das Wort grafisch umzusetzen, wurden in jeder teilnehmenden Klasse zwei «Desigdelegierte» ernannt. In Folge wurden die Desigdelegierten direkt mit einem klassenübergreifenden Chat angeschrieben und informiert. In einem weiteren Chat wurden die Lehrpersonen der Desigdelegierten zusammengefasst und bekamen darin Tipps zur Umsetzung und Hilfestellungen.



Abb. 2: Flyer für das Wort des Jahres.

Als Unterstützung erhielten alle Klassen einen Brief, in dem die Vorgehensweise beschrieben war, einen QR-Code darauf als Zugang zu einem «Anleitungs – Padlet» sowie ein Dossier mit einigen Beispielen von Comic Bubbles, eine Empfehlung von geeigneten Schriften aus dem Programm Vectr.com sowie in klein alle vorhandenen Schriften aus dem Programm.

Das Padlet beinhaltete einen Projektüberblick, ein Anleitungsvideo, wie mit Vectr.com ein Schild erstellt werden kann sowie eine mit Printscreen Ausschnitten angereicherte Schritt-für-Schritt Anleitung (siehe Abbildung 3). Diese konzentrierte sich darauf, zwei Umsetzungsmöglichkeiten zu beschreiben und beinhaltete nur ein Minimum an Erklärungen. Ziel war es, dass die Schüler:innen die Kompetenz durch die ganze Umsetzung Schritt für Schritt erwerben sollten.

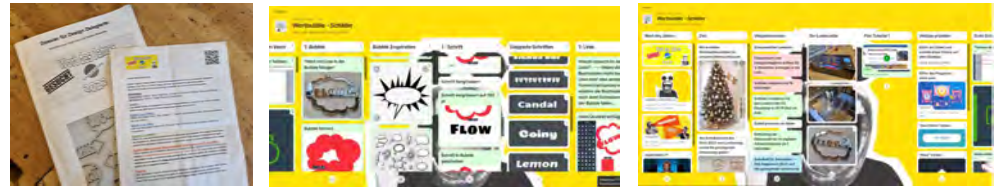


Abb. 3: Anleitungen und Padlet zur Unterstützung.

Der beigelegte Brief gab die Vorgehensweise und Organisation der Arbeitsschritte vor und sollte den reibungslosen Ablauf im Unterricht im Austausch mit der Klassenlehrperson gewährleisten. Hier wurden die Schritte definiert, bei denen mehrere Schüler:innen oder auch eine ganze Klasse in den Gestaltungsprozess einbezogen werden könnte, ohne dass dafür ein Computer nötig ist. Die gleiche Vorgabe war auch für das ausgedruckte Dossier vorgesehen. Dadurch wurde die Möglichkeit gegeben, die Aufgabe im Bildnerischem Gestalten (BG) als Klassenaufgabe aufzugreifen, bevor diese digital umgesetzt wird.

Mit diesen Hilfestellungen und dem Angebot, sich Unterstützung beim Projektteam holen zu können, z. B. in Form von IT-Sprechstunden oder einer «Offenen Werkstatt», hatten die Designdelegierten nun zwei Wochen Zeit, das Schild zu designen. Dafür wurde das in der Weiterbildung der PH Zürich vorgestellte Programm Vectr.com verwendet. Das fertige SVG speicherten die Schüler:innen auf einem Teams Kanal ab, von wo sie die Projektleitung herunterladen konnte und dann in der «Beam Studio» Lasercutter-App weiter verarbeitete.

Mit dieser Vorgehensweise und mit Hilfe von ein paar erklärenden und motivierenden Gesprächen konnten von 20 Klassen 17 für das Projekt gewonnen werden.

Am Mittwoch der 5. Projektwoche fand der «Cut Day» statt: Alle Designdelegierten wurden eingeladen, dabei zu sein, sodass sie zusehen konnten, wenn ihr Schild gecuttet wurde. Für jeden Jahrgang stand dafür eine Lektion zur Verfügung. Im Vorfeld kontrollierte das Projektteam die Arbeiten auf «Cutfehler». Leider mussten an dieser Stelle noch einige der Dateien bearbeitet werden. Es zeigte sich, dass die wenigsten Schüler:innen die Schritt-für-Schritt Anleitung befolgten. So entstanden diverse Fehler: Formen wurden nicht zu einer einzigen Form zusammengefasst (gruppieren), Schriften wurden nicht vektorisiert oder Schrift und Ausrufezeichen wurde nicht mit dem Rahmen verbunden und wären so ausgeschnitten geworden. Ein weiterer Fehler beinhaltete, dass Formen «von Hand» digital ausgemalt und danach nicht vereint wurden. Durch das Arbeiten mit der Onlineversion konnten die Files nach Abgabe nicht mehr im Programm weiterbearbeitet werden. Einige Fehler konnten aber durch Nachbearbeiten mit dem Programm des Cutters behoben werden. An dieser Stelle gäbe es bestimmt Möglichkeiten, das Projekt zu optimieren (z. B. verwenden eines Accounts, vorgängiges Schulen der Lehrpersonen, die Designdelegierten schrittweise per Fernkurs schulen).

Am «Cut Day» selbst wurde auch Unterstützung der PH Zürich angeboten. Da noch nicht alle Designdelegierten bis zu diesem Tag ihr Schild fertig gestellt hatten, wurde die Werkstatt kurzerhand in ein Grafikatelier verwandelt. Die Schüler:innen trafen Jahrgangsweise in der Werkstatt ein und erfuhren wertvolle Infos zum Lasercutter selbst, z. B. wie dieser funktioniert, wie Daten dafür vorbereitet werden müssen etc. So lüftete sich für die Schüler:innen z. B. die Frage, warum sie als Formfarbe Rot wählen mussten, obwohl die Schilder in silbrig umgesetzt wurden (Rot werden alle Formen dargestellt, die ausgeschnitten werden, blau alle, die graviert werden). Auch bekamen die Delegierten am «Cut Day» den Auftrag, zwei Sätze für den digitalen Adventskalender zu formulieren: «Was bedeutet das Wort für unsere Klasse?» und «Was wünscht die Klasse dem Lachenzelg für 2023?».

Es war eine schöne Erfahrung, sich in der Werkstatt wieder zu finden mit Schüler:innen, von denen das Projektteam bis zu diesem Zeitpunkt nur die gestalterische Arbeit kannte. Die Schüler:innen waren neugierig und interessiert. Es kam vor, dass Zweitklässler:innen ein neues Schild herstellen wollten, nachdem sie durch die Resultate der Erstklässler:innen inspiriert wurden. Der «Cut Day» hat so den «Peer-to-Peer» Wettbewerb angeregt. Für eine erneute Durchführung wäre es zu empfehlen, vorgängig die Laufzeit des Lasercutters zu berücksichtigen, um das Cutten je in einer Lektion erledigen zu können. Leider waren auch noch nicht alle Vorlagen «cutbereit», sodass der Tag danach zum «Cut Day 2» für alle komplexeren und komplizierteren Vorlagen mutierte. Zusammenfassend war es eine sehr engagierte und motivierte Stimmung und das Thema war zwischen den Schüler:innen auch in den Pausen und in den Gängen Gesprächsthema.

4. Ergebnisse

Pünktlich auf das erste Adventswochenende hin konnte der Lachenzelgbaum mit den Wörtern des Jahres 2022 geschmückt werden. Erledigt wurde dies leidenschaftlich durch das Schulball-Dekorationsteam der Schüler:innenorganisation bestehend aus drei Schüler:innen der dritten Sekundarstufe. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt.

Kürung wieder etwas präserter zu machen, wurde im Textilen und Technischen Gestalten, kurz TTG-Unterricht, zusätzlich ein türgrosser physischer Adventskalender erstellt, der, in der Kantine stehend, das Projekt noch einmal sichtbar machte. Die Meinungen der Schüler:innenschaft wurde schlussendlich per Google Forms-Umfrage eingeholt (siehe Abbildung 5). Immerhin ein Drittel aller Schüler:innen nahm an der kurzfristigen Datenerhebung während eines Morgens teil. Somit konnte «Kei Ahnig» («Keine Ahnung») am Schulball als Lachenzelger Wort des Jahres sowie für die gelungenste Umsetzung gekürt werden. Allerdings muss bemerkt werden, dass es zur Datenerhebung bestimmt geeignetere Tools gibt. Rückblickend gesehen, wäre mehr Aufmerksamkeit der Auswertung des Projektes gut bekommen.



Abb. 5: Digitaler Adventskalender.

Im Januar wurden dann die Schilder den Klassen übergeben. Vor allem von den ersten Sekundarklassen kamen viele Bemerkungen, dass die Schüler:innen schon lange darauf gewartet und sich darauf gefreut hätten.

5. Reflektion

Dieser Bericht zielt darauf ab, die folgende Frage zu beantworten: «Ist es möglich, alle Klassen eines Schulhauses in ein gemeinsames Laserschneideprojekt einzubeziehen und ein Gemeinschaftsprodukt zu erstellen, um einen innerschulischen Kultur Anlass zu schaffen?» Das vorliegende Projekt zeigt eindrücklich auf, dass dieses Vorhaben gut möglich war, jedoch müssen einige strukturelle, infrastrukturelle, kommunikative sowie vor allem eine personelle Teamsituation gegeben sein, damit ein solches Projekt möglich werden kann.

5.1 Strukturelle Voraussetzungen

Im Lernatelier (Zeiten im Stundenplan, in denen die Schüler:Innen selbständig an Lernzielen arbeiten) boten wir den Schüler:innen die Möglichkeit, externe Inhalte zu integrieren, um so ein breiteres Verständnis zu entwickeln. Zur Präsentation ihrer Projekte stellen wir ihnen eine Plattform, bspw. Q-Tag, zur Verfügung. Wir beziehen uns auch auf Schulhaustraditionen und -anlässe, die als wichtige Anknüpfungspunkte dienen und eine Kontinuität der Schulgemeinschaft gewährleisten. Für das Projektteam sind zusätzliche Arbeitsstunden für den «Cut Day» vorgesehen, was die

Qualität und das Management der Projekte sicherstellten. Wir sind bestrebt, unsere Angebote schulhausübergreifend zu erweitern und bieten daher Dienstleistungen wie die «Informatik Sprechstunde» und die «Offene Werkstatt» an. Diese Angebote ermöglichen es den Schüler:innen, bei Bedarf Unterstützung zu erhalten und ihre Fähigkeiten weiterzuentwickeln. Die Planung und Durchführung eines solchen Projekts erforderten jedoch ausreichend Zeit. Im Minimum sollte man sich zwei Monate Zeit nehmen, um alles reibungslos ablaufen zu lassen. Die ersten Schritte bestehen darin, das Kollegium für das Projekt zu gewinnen und die Wörter des Jahres zu sammeln, was etwa zwei Wochen dauert. Anschliessend wählen wir die Designdelegierten aus und beginnen mit der Umsetzung der Schilder – ein weiterer Prozess von zwei Wochen.

Danach folgt der «Cut Day», der eine Woche in Anspruch nahm, und dann kommt das Schmücken des Baums, das einen halben Tag dauerte. Der digitale Adventskalender und die Ausstellung am Baum nahmen vier Wochen in Anspruch, gefolgt von der Prämierung in der darauffolgenden Woche. Abhängig vom gewählten Siegerwort kann es zu weiteren Umsetzungen kommen. Alles in allem ist dies ein umfangreiches Projekt, das sowohl die Beteiligung als auch die Kreativität der Schüler:innen förderte.

5.2 Infrastrukturelle Voraussetzungen

Es braucht eine digitale Infrastruktur und Fachwissen im Umgang, ausreichend Tablets, Apps wie Teams, Klapp, Vectr.com, Padlet, Schabi, einen Lasercutter, ein Laptop, das den Cutter ansteuert sowie ein W-Lan für Cutter und Laptop (z. B. Hotspot), geeignetes Material und Maschinen, um das Material zu schneiden und einen freien Raum für den «Cut Day».

5.3 Kommunikation

Es braucht von Projektbeginn an eine optische Präsenz durch Plakate im Schulhaus, Ansprech- und Umsetzungspersonen aus den Klassen (Designdelegierte) und einen Chat für Designdelegierte. Dieses Kommunikationssystem ist nötig, damit mit Schüler:innen aus allen Jahrgängen einfach kommuniziert werden kann sowie einen Kanal, wo die Schüler:innen Fragen stellen können und sie individuell Antwort auf eingereichte Arbeiten bekommen. Zusätzlich war ein Kanal hilfreich, um die Lehrpersonen mit Informationen auszustatten. Wichtig sind auch geeignete Unterlagen/Anleitungen. Dabei ist es hilfreich, immer mindestens zwei Zugänge zur Umsetzung zu bieten, sodass «analoge» und «digitale» Menschen bedient werden (z. B. Link und QR-Code, Anleitungsvideo und ausgedrucktes Dossier). Zusätzlich erstellten wir ein Google Forms für die Abstimmung.

5.4 Personelle Teamsituation

Ein solches Projekt wird besser zu zweit initiiert als allein. Es hilft, wenn das Projektteam vom Alter, wie auch von den unterrichtenden Fächern her heterogen zusammengesetzt ist, sodass sich das Kollegium in breiter Fläche angesprochen fühlt. Es war hilfreich, dass die Projektleitung alle Jahrgänge (1., 2. und 3. Sek-Klassen) und Zugang zu den Jahrgangsteams abdeckte. Auch eine unterschiedliche Arbeitsweise im Projektteam war hilfreich, um zu wissen was Klassenlehrpersonen brauchen sowie Produktwissen, z. B. wie Schüler:innen direkt zu funktionierenden Lösungen kommen und mit welchen Materialien die Produkte ansprechend werden. Es braucht ein Kollegium, das sich gegenseitig vertraut, Inputs von anderen wohlgesonnen ist und eine gefestigte Rolle des Projektteams im Kollegium. Nur so trauen sich die meisten zu, in ein Projekt einzusteigen, das sie selbst noch nie durchgeführt haben.

5.5 Klassen

Die Klassen der Sek 1 reagierten am motiviertesten auf das Projekt. Sie freuten sich darauf, «ihr» Schild im Klassenzimmer aufhängen zu können. Die Klassen der Sek 2 nahmen alle teil. Bei den Klassen der Sek 3 waren zwei Klassen nicht am Projekt beteiligt, dafür waren die Arbeiten individueller gestaltet. Die Designdelegierten agierten jedoch mehr als gestalterisch interessierte Einzelpersonen.

6. Verbesserungspotenzial/Diskussion

Die Lehrer:innenumfrage per Onlineformular am Ende des Projektes ergab, dass die meisten das Projekt als «erfrischend» und «anregend». Das Suchen des Wortes des Jahres wurde als «originell» und «spassig» empfunden: «Die SuS und LP's waren ausreichend informiert», «die SuS bekamen ausreichend Hilfestellungen», «Die Aufgabe war anspornend», «Die SuS kamen inspiriert und freudig vom Cut Day und waren begeistert vom Resultat». Als positiv wurde auch angemerkt, dass die im Klassenzimmer aufgehängten Schilder ein guter Anlass für Gespräche für Fachlehrpersonen waren. Bei der Umfrage kam jedoch auch heraus, dass es besser gewesen wäre, wenn die Klassen die Wörter früher sammeln hätten können, um ihr Wort zeitgleich mit Langenscheidt küren zu können. So wäre wohl das Wort «Smash» nicht dreifach gewählt worden. Zudem wäre zu überprüfen, ob man die Aufgabe als Wettbewerb ausschreiben möchte. Bis zum «Cut Day» verlief das Projekt stimmig, alle weiteren Zusätze waren etwas bemühend. Es stellte sich auch heraus, dass es für einige Klassen ein eher schwieriges Unterfangen war «ihr» Wort zu finden. Zum einen, weil die Schüler:innen sehr unterschiedliche Wörter verwenden oder auch Mühe hatten, überhaupt vor dem ganzen Schulhaus zu einem Wort zu stehen. Vermutlich war es auch falsch, ein Schulhauswort finden zu wollen. Die Bewertungskriterien hätten

sinnvollerweise besser gelautet: «Das Klassenwort passt zur Klasse und ist stimmig umgesetzt». Die Klassen, die ein individuelles Wort wählten, setzten dies gestalterisch auch interessanter um und waren auch eher bereit darüber zu erzählen/schreiben. Auf diesem Weg hätte vermutlich auch der digitale Adventskalender besser funktioniert und die individuelle Gestaltung hätte noch etwas mehr Tiefgang erfahren.

Die Mischung von fern gelenktem Input und persönlicher Umsetzung hat überraschend gut funktioniert. Die Schüler:innen konnten die Unterlagen mehrheitlich gut nutzen. Allerdings hielten sich nur wenige an die Schritt-für-Schritt Anleitung. So kamen sie auf Resultate, aber leider waren die Daten auch fehlerhaft und mussten nachbearbeitet werden. Eventuell wäre der Projektauftrag übersichtlicher gewesen, wenn Einstiegsbrief, Schriftendossier und Schritt-für-Schritt Anleitung in einem Dossier ergänzt mit einem QR-Code für das Anleitungsvideo zusammengefasst gewesen wäre.

Am besten funktionierten am Ende doch die Umsetzungen, die im eigenen Unterricht, oder in einem der Unterstützungsangebote durchgeführt wurden (z. B. in der offenen Werkstatt). Abbildung 6 zeigt verschiedene Zeichnungsfehler, die danach im Cutterprogramm behoben werden mussten.

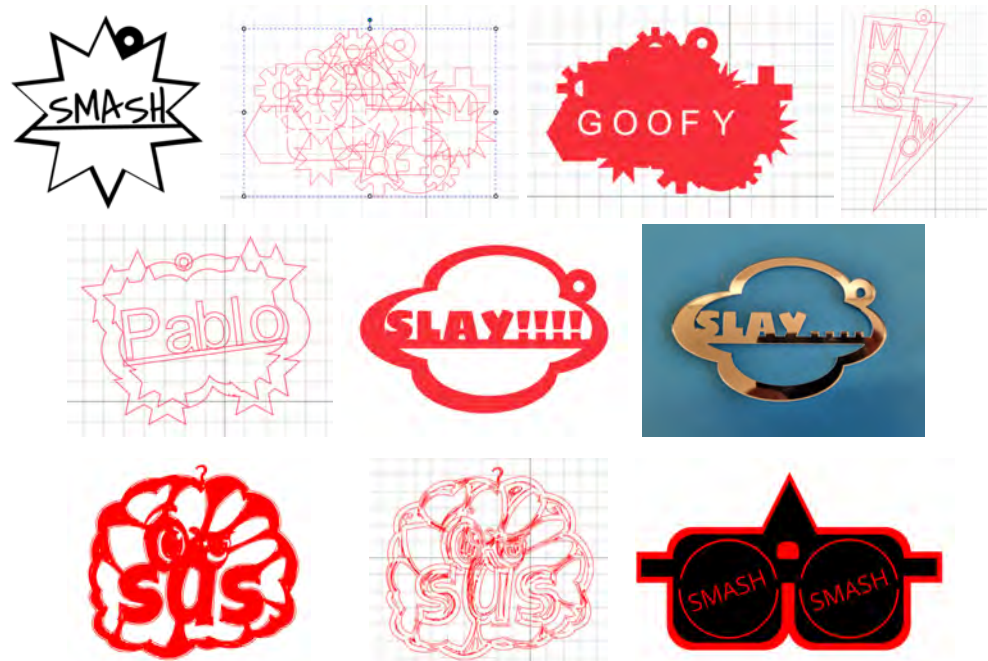


Abb. 6: Unterschiedliche «Zeichnungsfehler» die im Cutterprogramm behoben werden mussten.

Mit mehr Zeit, hätte eventuell einleitend ein kleiner Fernkurs durchgeführt werden können, um das Programm Schritt-für-Schritt kennenlernen zu können. Zusätzlich hätte man das Schulteam an einem Fortbildungstag schulen können. Zudem wäre es wohl hilfreich, das Programm mit Account zu nützen, sodass bei Fehlern im Programm nachträglich selbst korrigiert werden könnte.

Der «Cut Day» ist grundsätzlich gut verlaufen. Jedoch waren an diesem Tag noch nicht alle Schilder fertig. Zudem hätte es Sinn gemacht, die Zeiten, welche für das Cutten notwendig waren, im Vorfeld aus dem Cutter herauszulesen, damit die Zeit zum Schneiden der jeweiligen Schilder genau geplant hätte werden können. Am «Cut Day» war der Ehrgeiz, das beste Wort/das schönste Schild zu haben, spürbar. Es gab 2 Sek. Schüler:innen, die ihr Schild nochmals neu erstellten, als sie die Resultate der 1. Sek. Klassen sahen. Es wäre hilfreich, am «Cut Day» durchgehend zu dritt zu sein, um alles an einem Morgen finalisieren zu können. Dafür war eine Person am Cutter tätig, eine weitere Person hat die Schilder fotografiert und eine Person könnte die Erklärungen zum Wort des Jahres entgegen nehmen, z. B. in Form von Audios.

Nach dem Cutten funktionierte die Kommunikation nicht mehr flächendeckend. Der Versuch, aus jeder Klasse eine schriftliche Erklärung zum Wort zu bekommen, oder zu einem späteren Zeitpunkt Audios mit Botschaften aus den Klassen zu generieren, funktionierte nur teilweise. So wurde zur Datenerhebung für die Wahl eine Google Forms-Umfrage gewählt, welche während eines Morgens offen war. Abbildung 7 zeigt eine Auswahl von fertigen Produkten.



Abb. 7: Beispiele individueller Klassenwörter mit deren Erklärung.

- *Big Mac*: Beschreibt eine Person, die immer lauthals ihre Meinung kundtut, auch wenn ihre Meinung nicht gefragt ist. Die ausgedrückten Meinungen sind eher oberflächlich und einfach gehalten.
- *Massimo*: Er ist das 21-ste Klassenmitglied. Er ist virtuell und auf einer Klassenfahrt entstanden. Er ist immer mit dabei, aber vor allem immer dann, wenn es etwas langweilig ist. Er ist ein Player und mag es andere zu unterhalten.
- *Gröschtet*: beschreibt die Situation, wenn die Klassenlehrperson einen vorwitzigen Spruch eines/r Schüler:in gekonnt kontert. Zum Beispiel «Tsch Tsch, ich han dich gröschtet», abgeleitet von «roasted/geröstet».
- *Pablo*: Wird von der Klasse verwendet, wenn sie zum Ausdruck bringen möchten, dass eine Person lustig ist. Zum Beispiel: «Er ist so ein Pablo».

7. Schlusswort/Fazit

Rückblickend war das Ganze ein ambitioniertes Projekt, das jedoch erstaunlich gut funktionierte. Das Projektteam überrumpelte das unvorbereitete Lehrer:innen-Team. Umso erfreulicher war es, dass 17 von 20 Klassen dafür gewonnen werden konnten. Insgesamt war das Projekt ein perfekter Einstieg in den entstehenden Makerspace an der Schule Lachenzelg. Auch entstanden daraus neue Projekte und Projektideen für das Mittagsangebot «offene Werkstatt». Zudem motivierte das Projekt die Schulleitung selbst einen Lasercutter anzuschaffen. Kommunikation ist das A und O in einem solchen Projekt. Die nach der Corona-Pandemie eingeführte Kommunikationsapp Klapp machte es einfach möglich, verschiedene Schüler:innen, Lehrpersonen und Klassen jahrgangsübergreifend zu verknüpfen.

Das ganze Projekt war mit einem grossen Arbeitsaufwand verbunden, aber eine wertvolle Erfahrung für die Projektleitung. Es hat Spass gemacht, das Projekt gemeinsam zu entwickeln und umzusetzen. Es war eindrücklich, wie schnell Lernen voran gehen kann, wenn das Team sich gegenseitig ergänzt und unterstützt: Kaum hatte es das Projektteam selbst geschafft, ihre ersten Arbeiten zu lasercutten, hatte es ein ganzes Schulhaus dazu bewegt, ein Projekt umzusetzen. Diese Energie hat sich auch auf die Schüler:innen übertragen. Es entstanden viele gute Gespräche mit den Schüler:innen und im Team. Dies über die Altersgrenzen hinweg von Gestaltungsinteressierten zu Gestaltungsinteressierten. Daher: «Schule als Gestaltungs-, Lern- und Lebensraum» für alle Beteiligte. Das Hauptprodukt waren daher nicht die Schilder und auch nicht der Baum, sondern was an Erlebnis, Erfahrung, Identifikation, Bezug und Beziehung dadurch entstanden ist. So wagt das Projektteam zu behaupten, dass der Ansatz der «Making – Education» die Beziehungen untereinander verändert und die klare Rollenteilung von Lehrenden und Lernenden zu verschwimmen beginnt. Ins Zentrum rückt das gemeinsame Forschen, Suchen und Herausfindenwollen. Daher werden auch in Zukunft sicherlich noch weitere Lernprojekte an der Schule Lachenzelg umgesetzt werden.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

Making und die Informatik

Zugänge und die ›high ceiling‹ im Making

Nadine Dittert¹  und Melanie Stilz²

¹ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

² Konnektiv Kollektiv GmbH

Zusammenfassung

Making lässt Schüler:innen zu Erfinder:innen innen werden, lässt sie die digitale Welt mitgestalten und ermöglicht ihnen, diese durch aktives Handeln zu verstehen. Während oft ein ästhetisch ansprechendes Produkt entsteht, ist es vor allem der Prozess dorthin, der für das Lernen relevant ist. Making für den schulischen Kontext ist bisher eher durch einen klar definierten Prozess zu einem gezielten Produkt gekennzeichnet. Dies macht die Aktivität organisatorisch wie inhaltlich planbar und gibt Sicherheit. Maker-Bildung beschreibt darüber hinaus auch einen offenen Prozess, in dem Lernwege und Ergebnisse nicht vordefiniert sind und in dem Fehler, Um- und Weiterdenken erlaubt sind. Dafür braucht es Räume und Kompetenzen, die derartiges Arbeiten zulassen und davon profitieren. Die Informatik als problemlösende Disziplin kann Maker-Bildung im Unterricht umsetzen. Damit lässt sich einerseits der Prozess der Informatik durch die Arbeit an einem Projekt verdeutlichen, andererseits werden informatische Kompetenzen benötigt, um Produkte zu entwickeln, die über einfache Informatiksysteme hinausgehen. Im Artikel zeigen wir, warum es hier die Informatik braucht und warum Maker-Bildung im Informatikunterricht umgesetzt werden sollte.

Making and Computer Science. Approaches and the ›High Ceiling‹ in Making

Abstract

Making allows students to become inventors, who co-create the digital world, and enables them to understand what they do by active engagement. While an often aesthetically pleasing product is created, it is the process to get there that is most relevant to learning. Making in school has tended to be characterized by a clearly defined process that leads to a purposeful product. This makes the activity plannable in terms of organization and content and provides security. Maker Education further describes a process in which

learning paths and results are not predefined and where mistakes and rethinking are allowed. This requires spaces and competencies that allow such work and benefit from it. Computer science as a problem-solving discipline can implement Maker Education in the classroom. On the one hand, the process of computer science can be illustrated by working on a project, and on the other hand, computer science competencies are needed to develop products that go beyond simple IT systems. In this article we show why computer science is needed here and why Maker Education should be implemented in computer science classes.

1. Einleitung

«Du hast es geschafft! Denn so wie es lief, war es perfekt für den ersten Versuch! Auch wenn dein Flieger dann ging zu Bruch.»

Die kleine Rosie war verwirrt und kaum erheitert.

«Der Käsekopter stürzte ab, ich bin gescheitert.»

«Ja, er stürzte ab», sagte Tante Rose. «Das ist richtig, doch davor war etwas, und nur das ist wichtig, ich sah es genau, Rosie, ungelogen ... kurz davor ... ist er geflogen!»»

(Aus: «Wie Rosie den Käsekopter erfand» von Andrea Beaty)

Dinge erfinden und selber machen sind Kern des als *Making* bezeichneten eigenen Herstellens von Dingen. Allgemein wird damit die Entwicklung, die Adaption, die Gestaltung und/oder die Herstellung eines (digitalen) Produkts bezeichnet (Schön, Ebner, und Narr 2016). Somit stehen Handlungsorientierung und eigene Aktivität im Vordergrund. Im vorliegenden Kontext der Medienpädagogik und auch aus der Perspektive der Informatik ist dabei vor allem der Prozess der Entstehung eines Produkts von Interesse, das aus einer virtuellen und einer stofflichen Komponente besteht. Dieser Prozess ist deshalb von grossem Interesse, weil er Lernmöglichkeiten bietet, die auf ein Leben in einer digital vernetzten Welt vorbereiten. Wir wollen hier Making mit Blick darauf betrachten, zur Bildung im Humboldt'schen Sinne beizutragen – also zur Menschwerdung und dazu, sich selbst als Teil der Welt zu begreifen (von Humboldt und Flitner 1993). Der Mensch ist hier Teil einer von Digitalität geprägten Welt, die er selbst auf verschiedenen Ebenen mitgestalten kann. Dieser Tatsache muss er sich bewusst sein. Das Produkt selbst ist Ziel dieses Prozesses, lässt sich aber auf unterschiedlichen Wegen herstellen. Derartige Produkte oder auch häufig unvollkommene Artefakte sind oft bunt, blinkend oder bewegen sich. Sie wirken dank der Fabrikationsmaschinen – Laser-Cutter oder 3D-Drucker – ästhetisch und erwecken schnell einen professionellen Eindruck. Dabei sagt das entstandene Produkt wenig über den dahinterliegenden Entstehungsprozess aus, der beim Making eine wesentliche Rolle einnimmt. So lassen sich beispielsweise immer wieder

Schlüsselanhänger produzieren, die als professionell wirkende Endprodukte für positives Feedback von aussen sorgen. Der eigentliche Herstellungsprozess bietet jedoch lediglich anfangs eine Lernmöglichkeit, die sich im Wiederholen erschöpft (Blikstein 2013a).

Making bietet jedoch vielmehr die Möglichkeit, konstruktivistisches Lernen umzusetzen, wie Papert es beschreibt: Ein Artefakt gibt hierbei den eigenen mentalen Modellen eine für sich und andere wahrnehmbare Form. Dieses Artefakt wird zum «Gegenstand-mit-dem-man-denkt», anhand dessen sich Hypothesen verifizieren lassen und konstruktivistisches Lernen nach Piaget – erweitert um den Prozess der Konstruktion – stattfinden kann (Papert 1980; Piaget 2003). Es lässt sich bestätigen, was bekannt war oder was angenommen wurde. Oder aber ein Widerspruch kann dazu führen, das eigene Denken zu hinterfragen und es herauszufordern, um abermals etwas Neues zu erschaffen und zu erfahren. Der Absturz des Käsekopters, oder das Scheitern, wie Rosie es ausdrückt, ist eine Lernmöglichkeit, wie sie beim Making geboten wird: Der kurze Flug und der Absturz bieten Ansatzpunkte zum Reflektieren und Hinterfragen des Erfolgs und des Misserfolgs, zum Anpassen und um neue Wege zu gehen. Schliesslich steht am Ende ein Artefakt oder ein Produkt, in dem Vorstellungen und mentale Modelle durch diesen Prozess eine stoffliche Form erhalten und sich dadurch verändern können. Gleichzeitig liegt in diesem Prozess die Möglichkeit, die Welt aktiv mitzugestalten, sie zu verändern und sich selbst in Relation zu ihr zu setzen (Schelhowe 2007).

Im Folgenden werden wir beleuchten, wie Making und Informatik zusammenpassen. Wir möchten zeigen, wie es mit Informatik gelingen kann, offene, komplexe Projekte umzusetzen und wie diese Prozesse methodisch-didaktisch begleitet werden können. Wir gehen zunächst auf theoretische Grundlagen zur Gestaltung digitaler Medien und deren Nutzen als «Bildungs-Medien» ein. Wir definieren die Begriffe Making und Digital Fabrication und grenzen sie im Bildungskontext voneinander ab. Anschliessend gehen wir auf das Schaffende ein, das Kreativität, Problemlösen und Informatik teilen. Schliesslich wollen wir zeigen, wie Making und Informatik zusammenpassen und warum dies im Informatikunterricht stattfinden soll.

2. Hintergrund

Die Betrachtung dessen, was zur Bildung in der heutigen – digital vernetzten – Welt beiträgt, führte 2016 auf Schloss Dagstuhl u. a. unter Beteiligung von Medienpädagog:innen und Informatiker:innen zu dem gemeinsamen Verständnis, das im sogenannten Dagstuhl-Dreieck festgehalten wurde (Brinda et al. 2016). Digitale Bildung müsse demnach «[...] aus technologischer, gesellschaftlich-kultureller und anwendungsbezogener Perspektive in den Blick genommen werden» (ebd., 1). Um einen Stau im Navigationssystem aus diesen Perspektiven zu betrachten,

müsste die Person verstehen, welche Interpretation von GPS-Daten und Vernetzung mehrerer Systeme zur Anzeige eines Staus führt. Sie müsste sich überlegen, ob und wie sie mithilfe des Systems den Stau geschickt umfahren kann, und sie wüsste, dass ihr Verhalten bedingt durch das System ein verändertes Fahrverhalten nach sich ziehen kann. Die Person wäre vorwiegend eine Nutzerin eines Systems, das ihr Leben und das anderer in irgendeiner Form beeinflusst. Darüber hinaus jedoch ist die Person mit jeder Nutzung des Systems auch gleichzeitig dessen Gestalterin. Im sogenannten Frankfurt-Dreieck wird dies verdeutlicht, indem zu allen Perspektiven explizit die Analyse, die Reflexion und eben die Gestaltung als Prozess benannt werden, die jeweils damit in Verbindung stehen (Brinda et al. 2019). Hier wird verdeutlicht, dass auf allen drei Seiten für alle Menschen Gestaltungsspielräume bestehen. So kann eine Person mit ausreichend Handys einen Stau simulieren und durch ihr Handeln die reale Welt verändern¹, beispielsweise indem sie bewirkt, dass dieser Weg von anderen zu dieser konkreten Zeit gemieden wird.

Die eigene Gestaltungsmöglichkeit bleibt im allgemeinen Umgang mit digitalen Medien jedoch häufig ungenutzt. In der jährlich erhobenen JIM-Studie zeigt sich im Medieneinsatz von Jugendlichen ein vorwiegend rezeptiver Umgang (mpfs 2023). Dabei ist die Idee der gestaltenden Teilhabe an Medieninhalten nicht neu, wie der Begriff «Prosument» für die gleichzeitige Rolle von Produzent und Konsument seit den 1980er-Jahren zeigt (Toffler 1983). Der von Bruns geprägte Begriff «Produusage» (production und usage) bezieht sich darüber hinaus auf ganze Communities, die gemeinsam Inhalte generieren und deren Rollen zwischen Nutzenden, Teilnehmenden und Leitenden wechselt (Bruns 2007). Bruns geht in diesem Zusammenhang auf den Unterschied zwischen unfertigen Artefakten, die ständig weiterentwickelt werden (können), im Gegensatz zu fertigen Produkten ein. Zudem ergibt sich durch Kollaboration auch die Verschiebung zur Urheberschaft statt Eigentum (ebd.)

Die aus medienpädagogischer Perspektive erwünschte Medienkompetenz beinhaltet ebenso mehr als die reine Nutzung von Medien. Nach Dieter Baacke braucht es über Mediennutzung und Medienkunde hinaus auch die Fähigkeit zur Medienkritik sowie zur Mediengestaltung (Baacke 1996). Mediengestaltung wird dabei als innovativ und kreativ verstanden, was Veränderungen, Weiterentwicklungen sowie das Überschreiten von Grenzen beinhaltet, Medienkritik als die kritische Auseinandersetzung mit Medien und deren Wirkung (ebd.) Als Kritik am Medienkompetenzbegriff geht Baacke auf die Medienbildung ein, die im Begriff nicht enthalten sei. Diese sei weniger in angeleiteten Schritten und mit einem festgelegten Ziel zu vermitteln, sondern strebe die Entfaltung der Person an, ohne kontinuierlich pädagogisch angeleitet zu sein (ebd., 121).

1 <https://blog.zeit.de/teilchen/2020/02/04/google-maps-hack-stau-autos/>, abgerufen am 02.03.2024.

Die Erklärung zum Frankfurt-Dreieck nimmt von den dort beschriebenen Perspektiven in den Blick, dass sie für die Teilhabe an gesellschaftlichen Prozessen «[...] Fähigkeiten im Umgang mit und zur Analyse, Reflexion und Gestaltung von digitalen Artefakten voraus[setzt]» (Brinda et al. 2019, 2). Der Begriff des Artefakts wird hier dem Produktbegriff oder dem des Gegenstands, wie er in der Dagstuhl-Erklärung auftaucht, vorgezogen und unterstreicht damit zusätzlich die Gestaltbarkeit des Gegenstands. Weiterhin wird hier betont, dass es dafür der Kenntnis informatischer Grundlagen und gleichzeitig medienwissenschaftliche und erziehungswissenschaftlicher Zugänge bedarf (ebd.)

Die Gestaltbarkeit von Medien ist einer der wichtigsten Punkte in Heidi Schelhowes Betrachtungen und führt sie zu dem Begriff der «Bildungs-Medien». Sie beschreibt Bildungs-Medien als Material, durch das Lernende ihre Ideen ausdrücken und durch das sie mit der Welt interagieren, indem sie Dinge kreieren, die sie teilen können (Horn und Schelhowe 2019; Katterfeldt, Dittert, und Schelhowe 2015). Der Computer mitsamt der ihm innewohnenden abstrakten Konzepte, die in entsprechenden Umgebungen für Lernende zugänglich werden, wird auf diese Weise zum Bildungsmedium (Katterfeldt, Dittert, und Schelhowe 2015). In diesem Zusammenhang betont Schelhowe immer wieder den Aspekt der «Be-greifbarkeit», der das Zusammenspiel von Handeln und Denken, von konkret und abstrakt und von Immersion und Reflexion beschreibt. Neben Be-greifbarkeit ist es die Selbstwirksamkeit, die in diesem Kontext zur Bildung beiträgt. Es ist das Empowerment, das Wissen darüber, die digitale Welt selbst aktiv mitgestalten zu können, und die eigene Wahrnehmung von sich selbst im Bezug zur Technologie, die diesen Beitrag leisten. Schliesslich ist die Verbindung der eigenen Welt mit der Welt der Technologie die dritte Säule, mittels der es gelingen kann, Lernumgebungen und -materialien derart zu gestalten, dass sie zur Bildung beitragen. Dies bezeichnen Schelhowe und ihr Team als «Imagineering» (ebd.) Die Möglichkeit, derartige Lernumgebungen zu schaffen, sieht Schelhowe u. a. dort, wo Making und Konstruktionismus aufeinandertreffen (Horn und Schelhowe 2019).

3. Making, Digital Fabrication und Maker-Bildung

Die Begriffe «Making» und «Digital Fabrication» werden häufig synonym für den Prozess der Erstellung digitaler Artefakte eingesetzt. Wir möchten an dieser Stelle abgrenzen, wie wir diese Begriffe betrachten, um zu verdeutlichen, was Making wertvoll für Bildung in der digitalen Welt macht. Dazu definieren wir zunächst die Begriffe und möchten dann jeweils Beispiele im Bildungskontext beschreiben, um auch hier den Unterschied herauszustellen.

3.1 *Digital Fabrication & Making*

Making selbst beschreibt zunächst den Prozess der Herstellung von meist physischen Dingen (Schön, Ebner, und Narr 2016). Der Begriff umfasst fernab von jeglicher Technologie auch Prozesse wie Stricken oder das selbstständige Bauen von Baumhäusern, Wurfmaschinen oder Fluggeräten. Die Geschichte «Wie Rosie den Käsekopter erfand» illustriert sehr anschaulich diesen Herstellungsprozess und seine Facetten: Das Erfinden und Erschaffen von (unkonventionellen) Dingen, der Austausch und die Zusammenarbeit mit Anderen, das Aufbauen auf das, was andere schon geleistet haben, ebenso wie das Scheitern und Reflektieren sind Elemente, die im Prozess des Makings von Bedeutung sind (Beaty 2014).

In unserem Kontext ist besonders der Teil von Making von Interesse, bei dem Digitalität eine Rolle spielt. Als Digital Fabrication lässt sich der Prozess beschreiben, der das Gestalten von Dingen beinhaltet, die eine virtuelle und eine stoffliche Ebene besitzen (u. a. Katterfeldt et al. 2015). Dies können einerseits stoffliche Produkte aus dem 3D-Drucker oder Laser-Cutter sein, denen ein virtuelles Modell zugrunde liegt, das aber im stofflichen Endprodukt nicht unbedingt erkennbar ist. Der Schlüsselanhänger, Ohrhinge oder eine Blume sind Beispiele für diesen Teil der Digital Fabrication, der aufgrund des Einsatzes von Produktionsmaschinen auch als «Digital Production» bezeichnet werden kann (ebd.). Auf der anderen Seite sind stoffliche Produkte wie physische Roboter oder Mikrocontroller, deren virtuelle Ebene ein ausführbares Programm enthält, ebenso als Digital Fabrication-Produkte zu betrachten. Diese werden unter dem Begriff «Physical Computing» gefasst und haben im Bildungskontext insbesondere durch die Erfindung von Programmiersprachen und Robotern für Kinder, beginnend mit Seymour Papert, mittlerweile eine längere Tradition (Blikstein 2013b; Papert 1980). In Artefakten wie 3D-gedruckten Blüten, die durch den Farbwechsel einer an einen mit dem Internet verbundenen Mikrocontroller angeschlossenen LED das Wetter anzeigen können (z. B. blaue Blüte für Regen, gelbe Blüte für Sonnenschein), vereinen sich Physical Computing und Digital Production.

Während Digital Fabrication also diverse Produkte hervorbringen kann, lässt dieses Verfahren keine Aussagen über den Prozess der Entwicklung zu. Ohrhinge lassen sich als 3D-Modelle herunterladen und ausdrucken oder können im Team selbst programmiert und mit dem Laser-Cutter ausgeschnitten werden (Dittert, Katterfeldt, und Wilske 2014). Der oben beschriebene Prozess des Makings umfasst dabei mehr als das reine Herstellen. Um den Begriff herum existiert eine eigene Kultur, die durch Menschen und ihre Teilhabe in dieser «Maker Bewegung» entstanden ist. Das *Teilen und Geben*, aber auch das *Spielen und Lernen*, sowie das Mitmachen, um sich zu unterstützen und Wandel voranzutreiben, sind die Dinge, die die Maker-Kultur ausmachen und im sogenannten *Maker Movement Manifesto* festgehalten sind

(Hatch 2013). Das Mitmachen und Teilen wird durch Plattformen wie Thingiverse², Instructables³ und Tudu⁴ vereinfacht. Maker:innen zeigen und teilen ihre Projekte im Netz und regen zum Mit- und Nachmachen an. So kann aus einer kurzen Idee mit etwas Kreativität, einem 3D-Drucker, Platine, Elektronikkomponenten und Heisskleber ein sprechender Rucksack werden.⁵ An Beispielen und Anregungen mangelt es nicht; auch die Maschinen sind (in grösseren Städten) in Makerspaces oder FabLabs (kurz für engl.: fabrication laboratory) zugänglich.

3.2 Digital Fabrication im Bildungskontext

Im Bildungsbereich waren es zunächst Universitäten die, inspiriert durch Neil Gershenfelds Kurs «How to make (almost) anything» am MIT im Jahr 2001, Werkstätten aufbauten, in denen Digital Fabrication als «hands-on introduction to the resources for designing and fabricating smart systems»⁶ eingeführt wurde. Mittlerweile sind FabLabs an verschiedenen Universitäten über die Informatik hinaus – beispielsweise auch im Lehramt (Universität Bremen) oder in anderen Disziplinen (Universität Siegen) – zu finden (Bockermann et al. 2021, 169-183). Betrachten wir Making jedoch als Prozess, in dem Fehler und neue Wege ebenso zum Programm gehören wie ein möglicherweise nicht perfektes Produkt im schulischen Kontext, so bleibt ein Grossteil des Potenzials unausgeschöpft, das es zurzeit bietet. Die Möglichkeiten hingegen, die Digital Fabrication Technologien bieten, werden bereits mehr und mehr in Schulen umgesetzt (Himpl-Gutermann et al. 2020; Maurer und Ingold 2021; Stelzer und Pollak 2016). Mikrocontroller wie *Legø Mindstorms*, *Arduino* und *Calliope mini* gehören an einigen Schulen seit langem zum Equipment⁷ und werden vielfältig – vorwiegend im Informatik- oder Technikunterricht – eingesetzt. Fortbildungen für Lehrkräfte, Anregungen sowie komplett ausgearbeitete Unterrichtseinheiten helfen dabei und stehen häufig kostenlos zur Verfügung (u. a. App Camps⁸, IT2school⁹). Anleitungen bieten Sicherheit in der Durchführung und ermöglichen allen Beteiligten einen einfachen Einstieg ins Thema. Schulen kaufen 3D-Drucker und nutzen sie, z. B. im Rahmen von Schülerfirmen und für den Unterricht¹⁰.

2 <https://www.thingiverse.com/>, abgerufen am 21.02.2023.

3 <https://www.instructables.com/>, abgerufen am 21.02.2023.

4 <https://tudu.org/>, abgerufen am 21.02.2023.

5 <https://www.heise.de/news/Hinter-dem-Ruecken-Der-sprechende-Furby-Rucksack-7223997.html>, abgerufen am 21.02.2023.

6 <https://ocw.mit.edu/courses/mas-863-how-to-make-almost-anything-fall-2002/>, abgerufen am 21.02.2023.

7 <https://calliope.cc/schulen/schulmaterial>, abgerufen am 03.03.2024.

8 <https://appcamps.de/unterrichtsmaterial/calliope-mini/>, abgerufen am 03.03.2024.

9 <https://www.wissensfabrik.de/it2school/>, abgerufen am 03.03.2024.

10 <https://www.igo3d.com/comedu-die-schuelerfirma-cad-jet-production-der-kgs-hemmingen>, abgerufen am 03.03.2024.

Mittlerweile existieren verschiedene Materialien, die didaktische Anregungen oder Anleitungen zum Bau eigener Artefakte bieten. Beispielsweise fokussiert die Herstellung parametrisierter Blumen oder programmierter Schmuckstücke auf den Konstruktionsprozess mittels Programmierung und leitet diesen didaktisch an (Dittert, Katterfeldt, und Wilske 2014; Dittert und Katterfeldt 2017; Pancratz et al. 2019). Derartige Szenarien sollen Lehrkräfte begleiten, ihnen Sicherheit bieten und eine Verbreitung entsprechender Lernaktivitäten in Schulen sowie im außerschulischen Bereich fördern (Dittert und Katterfeldt 2017). Am Ende erhalten die Lernenden ein selbst entwickeltes Produkt, von dem häufig bereits zu Beginn klar war, was es sein wird. Die selbst programmierten Blumen variieren nach Art, Anzahl und Form der Blätter, wobei die zugrunde liegende Programmierung – abgesehen von den Parametern – gleich ist. In etwas freieren Ansätzen lässt sich darüber hinaus die persönliche Bedeutsamkeit eher berücksichtigen, und das Endprodukt lässt sich auf individuelle Wünsche oder Ideen anpassen. Beispielsweise können mit einfacher Programmierung Stoffdrucke entworfen werden (Dittert und Katterfeldt 2018). Auch hier ist das Endprodukt – ein Stoffbeutel – für alle gleich. Hingegen lassen sich hier bereits individuelle Designs durch den kreativen Umgang mit einfachen Formen entwickeln. Entstandene Eistüten, Fische oder Flugzeuge bilden ganz unterschiedliche Interessen oder Bedeutungen ab und lassen persönliche Verbindungen zwischen Entwickler:in und Produkt zu. Szenarien wie diese lassen sich gut in schulischen Kontexten, etwa in Form von Projektunterricht und/oder als Anfangsunterricht, einsetzen. Sie folgen einem klaren Ziel und der Ablauf ist genau beschrieben. Es werden aktive Einblicke in die Funktionsweise der Technologie ermöglicht, und derartige Angebote werden oft als motivierender Zugang zu Technologie oder Informatik genutzt (u. a. Przybylla und Romeike 2014; 2018; Katterfeldt et al. 2019).

3.3 Making im Bildungskontext

Während die hier als Digital Fabrication eingeordneten Ansätze aktives Lernen und Handlungsorientierung umsetzen und zu einem bestimmten Grad eigene Kreativität und eigene Lernwege zulassen, bietet Making darüber hinaus die Möglichkeit, eigene Lernprozesse zu gestalten. Dies kann beispielsweise in offenen Werkstätten oder in (ausserschulischen) Technologiewerkshops stattfinden. An der Universität Bremen fanden unter dem Titel «TechKreativ» über viele Jahre Digital Fabrication Workshops für Kinder und Jugendliche statt, die einen offenen Lernprozess zuließen (Dittert, Wajda, und Schelhowe 2016; Dittert, Katterfeldt, und Reichel 2012; Katterfeldt, Dittert, und Schelhowe 2015; Schelhowe et al. 2013). Dabei kamen neben Mikrocontrollern und klassischem Bastelmaterial auch Laser-Cutter, Plotter und 3D-Drucker zum Einsatz. In fünf aufeinander folgenden Phasen wurden die Teilnehmenden bei ihren Alltagsfantasien abgeholt, lernten die Technologien kennen,

entwickelten Ideen, setzten diese um und präsentierten sie (Dittert, Katterfeldt, und Reichel 2012). In einem solchen Prozess werden die Lernenden bis zur Findung konkreter Ideen stärker begleitet, jedoch sind die Teilnehmenden für ihren Schaffensprozess eher selbst zuständig. Sie erhalten jederzeit Hilfe, wenn sie diese benötigen, sind jedoch sehr frei in ihrer eigentlichen Arbeit. Teil der Präsentation des entwickelten Projektes ist es hier, den Prozess zu beschreiben, was gleichzeitig zu dessen Reflexion anregt. In diesem Setting wird neben dem Endprodukt auch dem Entstehungsprozess ein hoher Stellenwert beigemessen (Dittert 2015; Katterfeldt 2015; Katterfeldt, Dittert, und Schelhowe 2015).

Bei dieser Herangehensweise steht der Kontext ebenso im Mittelpunkt wie die Konstruktion selbst. Teilnehmende entscheiden im gegebenen Rahmen selbst, was sie entwickeln wollen. In ausserschulischen Tanzworkshops wurden Bühne oder Kostüme passend zur ebenso selbst entwickelten Choreografie «intelligent» ausgestattet, in Sportworkshops wurden Messgeräte für diverse Sportarten wie Fussball, Trampolin springen oder Einradfahren entwickelt, die während der Konstruktion immer wieder ausprobiert wurden (Schelhowe et al. 2013; Dittert 2014). Ein T-Shirt, das entsprechend einer Choreografie entwickelt wurde, lässt beispielsweise auf Armbewegung LEDs aufblinken. Ähnliche Szenarien sind in universitären Seminaren zu finden. So fand 2020 an der TU Berlin das Seminar «Digitalisierung und Nachhaltigkeit» im Rahmen der Lehrkräftebildung für das Fach Arbeitslehre statt. In einem ähnlichen Prozess wie in den beschriebenen ausserschulischen Workshops wurde dort zunächst aus den 17 Nachhaltigkeitszielen¹¹ der Vereinten Nationen ein Ziel festgelegt, das thematisiert und für das mittels Digital Fabrication eine Teillösung entwickelt werden sollte. Es entstand u. a. ein Wildbienenzähler, bei dem ein BBC micro:bit mit einem Ultraschallsensor ausgestattet an einem Insektenhotel befestigt wurde (Stilz und Springguth 2021). Zu Beginn eines solchen Seminars oder Workshops ist nicht absehbar, mit welchem Produkt die Maker:innen ihre Arbeit beenden. Aus der ursprünglichen Idee kann durch Gelingen oder Scheitern, sowie durch Einflüsse Anderer oder der Technologie selbst eine neue Idee entstehen, die dann verfolgt wird. Dies kann für die Workshopbegleitung herausfordernd werden, da nicht jeder Weg vorhersehbar und damit insgesamt das Vorhaben schwierig zu planen ist. Lernende gestalten hier ihren Lern- und Gestaltungsprozess aktiv mit. Dies kann jedoch gleichzeitig bedeuten, dass ein von aussen erwünschtes Ziel – beispielsweise die Entwicklung eines vernetzten Informatiksystems – nicht umgesetzt wird, weil es in diesem Kontext aus Sicht der Lernenden nicht notwendig war. So können einige der Chancen, die Making für die Bildung bietet, zur Herausforderung im schulischen Kontext werden: der eigene Lernprozess, in dem Lernende selbst

11 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/die-un-nachhaltigkeitsziele-1553514>, abgerufen am 21.02.2023.

(mit-)bestimmen und sich selbst in Relation zur (digitalen) Welt zu begreifen, kann zeitlich und organisatorisch Schwierigkeiten aufwerfen und es bedarf einer sehr guten Planung der Rahmenbedingungen, um dem zu begegnen.

3.4 *Maker-Bildung*

Für Maker-Bildung gibt es keine eindeutige Definition. Wir möchten an dieser Stelle abgrenzen, warum wir lediglich die zweite Variante tatsächlich als Maker-Bildung betrachten: In der ersten beschriebenen Form (Digital Fabrication im Bildungskontext) steht das fertige Produkt (z. B. Blume oder Schmuckstück) und damit verbunden das Erfolgserlebnis im Vordergrund. Der Lernpfad wird entsprechend durch die Lehrkraft und/oder durch das Lehrmaterial vorgegeben. Alle Schüler:innen lernen beispielsweise, mit Mikrocontrollern, Laser-Cuttern und/oder 3D-Druckern ein Produkt zu entwickeln. Die oben beschriebenen Szenarien der Blumen aus dem 3D-Drucker sowie die Stoffdrucke sind Szenarien dieser Art (Pancratz et al. 2019; Dittert und Katterfeldt 2018). Im besten Fall bieten sie den Lernenden den Spielraum, ihrem Produkt eine für sie persönliche Bedeutung hinzuzufügen, das Endprodukt selbst ist jedoch vorgegeben. Szenarien wie diese wurden für den schulischen Kontext entwickelt. Hier ist es möglich, dass die Lehrkraft sich im Vorfeld auf die Unterrichtseinheit und ihre Inhalte sowie auf eventuell auftretende Schwierigkeiten oder Herausforderungen vorbereitet. Der zeitliche Rahmen ist vorgegeben und das notwendige Material wie Filament oder Stoffbeutel und Wärmetransferfolie kann und muss vorher besorgt werden. Der Lernprozess ist klar definiert und lässt den Lernenden wenig Spielraum für eigene Lernwege. Gleichzeitig bietet er die Möglichkeit, in kurzer Zeit den Prozess der Informatik anschaulich darzustellen: Von der Problemstellung (z. B. Ich möchte ein Design für einen Stoffbeutel entwerfen) über die Ideenfindung, das Kennenlernen der Werkzeuge inklusive der Programmierung bis zur Präsentation des fertigen Produkts. Szenarien wie diese eignen sich gut für kurze Schnupperworkshops an Projekttagen. In kurzer Zeit kann hier mit Digital Fabrication gezeigt werden, was Informatik ist und wie die virtuelle und die physische Ebene in derartigen Produkten zusammenspielen. Hierfür spielt auch das Erfolgserlebnis eine zentrale Rolle, das in diesem Szenario fast garantiert ist. Ein solches Setting ist häufig für Anfänger:innen konzipiert und setzt das Prinzip des *low floor* um, das einen einfachen Einstieg in eine Technologie fordert und mit einer entsprechend gestalteten Lernumgebung möglich ist (Resnick und Silverman 2005).

Die zweite Form – zuvor beschrieben als Making im Bildungskontext – findet in einer Werkstatt oder einem Makerspace statt und lässt sich als *«Werkstattlernen»* beschreiben. In diesem Rahmen liegt ein wesentlicher Fokus auf dem *Prozess, der zur Entwicklung des Produkts führt*. Lernwege lassen sich hier frei gestalten und sind weniger vorhersehbar und weniger planbar als im ersten Modell. Dieses Vorgehen findet

sich beispielsweise in ausserschulischen Kursen in FabLabs oder im Fach Arbeitslehre oder Technik wieder. Hierfür bieten viele Schulen gut ausgestattete Werkstätten, für die ein:e Werkstattmeister:in zuständig ist. Der Prozess der Ideenentwicklung wird dabei methodisch oft durch die Lehrkraft und/oder durch Fachpersonal begleitet, das bei der Planung und bei der technisch oft anspruchsvollen Umsetzung hilft. Hierbei ist eine Aufteilung der Kompetenzen möglich: Die Lehrkraft nimmt die Rolle der Expertin für die methodisch-didaktische Begleitung des Prozesses ein; für die technischen Details sind Werkstattmeister:innen oder Fachpersonen zuständig, die die Umsetzung mehr oder weniger stark unterstützen. Lernwege und Endprodukte sind sehr individuell, und es ist nicht ungewöhnlich, dass am Ende etwas anderes herauskommt als das, was als ursprüngliche Idee generiert wurde. Je nachdem, wie stark das Werkstattteam auf die Produktentwicklung eingewirkt hat, enthalten die Endprodukte Black-Box-Anteile bzw. bei wenig pädagogisch geschultem Personal oder Zeitknappheit durchaus auch anteilige Arbeit der Werkstattmeister:innen. Der zeitliche Rahmen ist hierbei oft grösser als im ersten Szenario und das gesamte Setting ist offener gestaltet. Der Lernprozess ist weniger vorgegeben, wodurch auch die Begleitung der Lernenden personell aufwendiger wird. Zudem ist es möglich, dass Material benötigt wird, das im Vorfeld nicht eingeplant war. In Werkstätten stellt dies generell weniger ein Problem dar, da dortige Materiallager häufig gut ausgestattet sind.

Die zuvor beschriebenen TechKreativ-Workshops lassen sich in diese Definition der Maker-Bildung einordnen: Sie folgen einer klaren Methodik und lassen dabei viel Freiraum für die Ideen der Teilnehmenden (Dittert, Wajda und Schelhowe 2016; Dittert, Katterfeldt, und Reichel 2012). Auch das beschriebene BNE-Seminar beschreibt dieses Werkstattlernen (Stilz und Springsguth 2021). Eine gute Ausstattung des Labors, ein oft zeitlich grösserer Rahmen, die Expertise und Begleitung durch das Fachpersonal sowie der gesamte methodische Rahmen ermöglichen hier die Herstellung individueller, unvorhersehbarer Produkte. In den beschriebenen Szenarien wird auch Anfänger:innen ermöglicht, eigene Projekte mit Technologie umzusetzen – der *low floor* ist weiterhin gegeben. Hinzu kommt durch die vielfältigen Möglichkeiten das Prinzip der *wide walls* – die Vielfalt der Entwicklungsmöglichkeiten – die in diesem Szenario geboten wird (Resnick und Silverman 2005).

Für die Durchführung dieser beiden beschriebenen Varianten sind mindestens informatische Grundlagen (z. B. einfache Programmierung, E-V-A Prinzip) sowie die Kenntnis der Funktionsweise der Maschinen notwendig.

Komplexe, elaborierte Projekte sind zwar möglich (*high ceiling*), benötigen jedoch begleitendes Fachpersonal mit fundierter pädagogischer und informatischer Ausbildung. Die Informatiklehrkraft kann auf diese Ausbildung zurückgreifen und folglich stellt sich die Frage, inwiefern Maker-Bildung und informatische Bildung gegenseitig Synergien besser nutzen können und sollten, um ihr Potenzial stärker als bisher entfalten zu können.

4. Kreativität, Problemlösen und Informatik

An dieser Stelle möchten wir die Begriffe Kreativität, Problemlösen und Informatik darstellen und zusammenbringen. Auf diese Weise soll deren gemeinsame Basis für Maker-Bildung im Informatikunterricht verdeutlicht werden.

4.1 Kreativität

Kreativität bezeichnet im Allgemeinen zunächst eine schöpferische Kraft¹². Fälschlicherweise oft lediglich mit Kunst oder ästhetischem Gestalten assoziiert, bezieht sich der Begriff auf seinen lateinischen Ursprung *creare* für «etwas erschaffen». Nach Mel Rhodes wirken dabei vier Aspekte zusammen: der Prozess, das Produkt, die Persönlichkeit sowie das Umfeld in Beziehung zur Person. Rhodes beschreibt u. a. Lernen, Denken und Kommunikation als Teile des Prozesses. Als Produkt bezeichnet er eine Idee, die eine haptische Form erhält. Das Produkt verkörpert die Gedanken der Person, die es entwickelt hat, zu einem bestimmten Zeitpunkt und ermöglicht, Gedanken zurückzuverfolgen und damit Rückschlüsse auf die Herkunft der Idee zu ziehen. Rhodes wählt hier ebenso den Begriff des Artefakts und bezeichnet Produkte als «artifacts of thoughts» (ebd., 309). Zu den Persönlichkeitseigenschaften zählt Rhodes Aspekte wie Motivation, Gewohnheiten, Einstellungen und Selbstkonzept. Als «press» bezeichnet er das gesamte Umfeld der kreativen Person, die ihre Ideen in einer bestimmten Umgebung und in Abhängigkeit von den Gegebenheiten dort entwickelt. Dies können Bedürfnisse, Wahrnehmungen, Ereignisse und Vorstellungen sein, und sie sind damit stark mit der Person verknüpft und subjektiv geprägt (Rhodes 1961). Ken Robinson beschreibt dieses gesamte Zusammenspiel folgendermassen:

«Kreativität ist sowohl ein praktischer als auch ein konzeptioneller Prozess: Wie und was wir erschaffen, hat viel mit den Werkzeugen und Materialien zu tun, die uns zur Verfügung stehen und was wir aus und mit diesen machen.» (Resnick und Robinson 2017, 9)

Auch er betont hier den Prozess («wie wir erschaffen»), das Produkt («was wir erschaffen»), die Persönlichkeit («wir erschaffen») und das Umfeld («die Werkzeuge und Materialien, die uns zur Verfügung stehen»). In diesem Zusammenhang scheint sich das Umfeld jedoch weniger auf die persönlichen Erfahrungen der Person, sondern vielmehr auf die Arbeitsumgebung zu beziehen.

Als einen Aspekt des kreativen Arbeitens beschreibt Mihaly Csikszentmihalyi in seiner Flow-Theorie den geistigen Zustand, in dem sich eine Person befindet, die im richtigen Verhältnis von Herausforderungen zu Fähigkeiten steht, um nicht über- oder unterfordert zu sein (2014). In diesem optimalen Zustand sind Personen in der

12 <https://www.duden.de/rechtschreibung/Kreativitaet>, abgerufen am 21.02.2023.

Lage, fokussiert einer Sache zu folgen oder an ihr zu arbeiten, was Csikszentmihalyi für Kreativität wie auch für das Lernen beschreibt. In Kombination mit Vygotskys *Zone der proximalen Entwicklung* lässt sich dies beispielsweise als Zugang zur Informatik umsetzen, in dem Schüler:innen in der sogenannten *Zone des proximalen Flows* Computerspiele entwickeln (Vygotsky und Cole 1978; Webb, Repenning, und Koh 2012).

Eine häufig gestellte Frage in Bezug auf die Kreativität ist die Frage nach dem «Neuen»: Ist es neu für mich oder ist es neu für die Welt? Im Englischen wird diesbezüglich zwischen dem kleinen und dem grossen «c» unterschieden (Csikszentmihalyi und Nakamura 2014). Neu für mich – das kleine «c» – kann etwas sein, das es bereits in der Welt gibt, was ich jedoch noch nicht erschaffen oder entwickelt habe oder was mir bisher nicht bekannt ist. Nach dem grossen «C» zu suchen bedeutet, nach Lösungen für die Probleme der Welt zu suchen und ganz neuartiges zu entwickeln, was bisher nicht existiert. Für den Lernprozess im Informatikunterricht ist das kleine «c» von Interesse (Schmalfeldt und Maurer 2021). Es spielt keine Rolle, ob Andere die Dinge bereits entwickelt haben. Für den Lernprozess ist die Erfahrung der Person selbst relevant und die Entwicklung eigener neuer Kompetenzen. Der Prozess der Konstruktion bringt dies mit sich, unabhängig davon, ob etwas für eine Person oder für alle neu ist.

Von einer digitalen bzw. «Digital Fabrication Revolution» spricht Neil Gershenfeld, wenn der Zugang zu Maschinen die traditionelle Bildung verändern wird (2008; 2012). Diese Maschinen – 3D-Drucker, Laser-Cutter, Mikrocontroller etc. – ermöglichen einen schöpferischen Akt auf virtuell-physischer Ebene und eröffnen dadurch Möglichkeiten, Kreativität auf andere als traditionelle Weise auszudrücken. Kreativität ist nicht mehr auf das rein haptische Konstruieren wie z. B. das Bauen mit Klötzen oder aus Papier begrenzt. Das rein virtuelle Schaffen, das die Informatik lange Jahre prägte, also das Schaffen eines Computerprogramms oder eines virtuellen 3D-Modells eines Körpers oder eines Designs, kann durch Digital Fabrication mit stofflicher Produktion verbunden werden und erfährt über Physical Computing hinaus eine weitere Möglichkeit der Verbindung zwischen dem Code in einer Maschine und der realen Welt. In dieser Kombination von konkret und abstrakt, von Denken und Handeln, von Geist und Körper wachsen die Möglichkeiten konstruktivistischen Lernens wie Papert es beschrieb (1980; Schelhowe 2012).

Mittels Digital Fabrication-Technologien lässt sich Kreativität nach Rhodes Definition umsetzen: In einem geeigneten Umfeld kann ein Produkt oder Artefakt entwickelt werden, das auch die Möglichkeit bietet, sich selbst in Relation zu diesem Artefakt zu begreifen. Im Hobbybereich ist dies zu beobachten, wenn Maker:innen Dinge erfinden, bauen und teilen, die sie selbst und ursprünglich für sich kreiert und sich dafür einen Raum geschaffen haben.

4.2 Problemlösen und Informatik

An dieser Stelle möchten wir den Prozess der Erstellung eines neuen Informatiksystems aufzeigen und diesen direkt in Bezug zu den in den o.g. TechKreativ-Workshops (s. 3.3) setzen. Ausgehend von einer Problemstellung – sei sie ein Auftrag eines Arbeitgebers oder eine Aufgabe wie ein Sportmessgerät zu designen – werden zunächst die zur Verfügung stehenden Mittel – Technologien und Materialien – betrachtet. Unter Einbezug der konkreten Situation werden Ideen entwickelt, bevor es an die eigentliche Umsetzung inklusive Tests und Iteration geht. Am Ende wird das Produkt der Öffentlichkeit vorgestellt, was auch zur Reflexion des Entwicklungsprozesses beiträgt (Dittert, Wajda, und Schelhowe 2016; Dittert, Katterfeldt, und Reichel 2012). Diese Darstellung des Informatikprozesses rückt das Kreierende und Wirklichkeitsverändernde der Disziplin in den Mittelpunkt und bedient sich des Narrativs der Informatik als Ingenieurwissenschaft. Wird ein Informatiksystem entwickelt und eingesetzt, verändert sich dadurch etwas in der Welt. Der Einsatz von Navigationssystemen kann dazu führen, dass Strassen häufiger frequentiert werden, die jedoch nicht dafür ausgelegt sind. Diese Perspektive einnehmend, beschreibt die Gesellschaft für Informatik (GI e.V.) in ihrem Positionspapier die Informatik als *Disziplin, die sich mit dem Entwurf, der Umsetzung und dem Einsatz von Informatiksystemen für verschiedene Anwendungsgebiete befasst* (GI 2006). Sie rückt dabei die Konstruktion – hier eher abstrakter Objekte – in den Mittelpunkt ebenso wie die Arbeit im Team. Zudem verweist sie auf eine neuartige Weise bei der Erschließung von Problemfeldern durch informatische Modelle und Werkzeuge (ebd.). Die Lösung von Problemen steht im Mittelpunkt der Informatik und wird auch in den Empfehlungen der GI e.V. zu den Bildungsstandards Informatik deutlich: «Informatisches Entwickeln und Problemlösen ist auch ein kreativer Prozess, in dem Theorie, Abstraktion und Design verknüpft sind» (Gesellschaft für Informatik e.V. 2016, 1). Das Schaffende, Kreative wird auch hier betont. Problemlösen wird weiterhin beschrieben als «die bewusste und selbstständige Auswahl und Anpassung geeigneter gelernter Methoden und Verfahren in neuartigen Situationen. Dabei werden aus gelernten Denkmethode[n] bzw. Lösungsverfahren die zur Bewältigung der Aufgabe geeigneten selbstständig ausgewählt und einer neuen Problemstellung angepasst.» (ebd., 4)

Wurde Kreativität zuvor als praktischer und konzeptioneller Prozess beschrieben, der abhängig von den Werkzeugen, Materialien und unserem Umgang damit ist, so wird hier deutlich, dass beide Teilprozesse Gemeinsamkeiten aufzeigen: Der konstruktive Umgang mit Methoden und Material führt schliesslich zur Lösung eines Problems. Dazu braucht es eine geeignete Umgebung, die den Prozess der Produktentwicklung stützt. An dieser Stelle sollen nun Making als Umgebung für das Lernen und Informatik als kreative, problemlösende Wissenschaft explizit zusammengeführt werden.

5. Making, Informatik und Informatikunterricht

Während wir bisher eher auf den Prozess der kreativen Umsetzung eines Artefakts und auf freie Lernwege eingegangen sind, möchten wir nun zeigen, wie diese Prozesse und die Informatik zusammenpassen und schliesslich, wie Making im Informatikunterricht gelingen kann.

5.1 Making und Informatik

Die oben in den Making-Szenarien beschriebenen Beispiele des T-Shirts, das auf Armbewegung blinkt, oder des Wildbienenzählers zeigen eher einfache Umsetzungen des E-V-A Prinzips und einer if-Abfrage. Das eigenständige Entwickeln eines Informatiksystems offenbart die grundlegende Funktionsweise seines Aufbaus und seiner Programmierung (Schelhowe 2007). Es werden u. a. algorithmische Grundbausteine verwendet und implementiert (Gesellschaft für Informatik e.V. 2016) und Teilnehmende verstehen den grundlegenden Aufbau von Informatiksystemen und deren Funktionsweise (Gesellschaft für Informatik e.V. 2008). Insgesamt bleiben die zu erwerbenden Informatikkompetenzen damit in diesen Beispielen auf einem grundlegenden Niveau. Die *«high ceiling»* wird mit diesen einfachen Projekten noch nicht erreicht.

Sind Informatikschaffende gleichzeitig Maker:innen so trifft informatische Kompetenz auf kreative Produktentwicklung. Umgesetzte Algorithmen gehen über einfache if-Abfragen in Endlosschleifen hinaus und es werden Softwarebibliotheken oder Module anderer Maker:innen für die Implementierung von Algorithmen verwendet (vgl. Gesellschaft für Informatik e.V. 2016). Was wir als Werkstattlernen bezeichnet haben, kann stattfinden. Sofern die notwendige Ausstattung vorhanden ist, kann der Prozess des Ideenfindens und der Umsetzung, inklusive des Scheiterns, aber auch des Präsentierens, Teilens und Reflektierens von Ideen umgesetzt werden. Es braucht dafür weniger konkrete Anleitung oder Beispiele, als vielmehr einen geeigneten Rahmen aus Methodik, Zeit, Ziel vor Augen, sowie weiteren Ideen und Anregungen, was als nächstes gemacht werden kann. Diese ergeben sich teilweise aus dem direkten Umgang mit dem Material oder aus der Kommunikation und Zusammenarbeit mit Anderen. In diesem idealtypischen Prozess befinden sich die Maker:innen im Flow – in dem ausgeglichenen Zustand zwischen Herausforderung und Fähigkeiten, in dem sie motiviert sind und bleiben und in dem der Arbeits- und Lernprozess weiter voranschreitet.

Diese Beschreibung von Making trifft bisher eher auf den Hobby- und Freizeitbereich zu: Labore laden zu OpenLabs ein, Ferienkurse für Schulkinder finden statt, Hackathons werden durchgeführt. Einen solchen Prozess in das institutionelle Lernen zu transferieren, ist durchaus herausfordernd. Intrinsische Motivation lässt sich nicht simulieren, jedoch bietet Making durch seine vielfältigen Möglichkeiten viele

Gelegenheiten, an den Lebensalltag der Gestalter:innen anzuknüpfen. Die universitäre Informatikausbildung hält dazu vielversprechende Beispiele bereit. An der Universität Oldenburg findet dieses Werkstattlernen zu Beginn des Informatikstudiums statt. In dem Kurs «Soft Skills und technische Kompetenz» werden (Informatik-)Studierende über zwei Semester dazu angeleitet, ihre eigenen Soft Skills wie Zeitmanagement, Teamarbeit, Kreativität etc. zu reflektieren, lernen neue Methoden dazu kennen und entwickeln schliesslich im Team ein Internet-of-Things Projekt (Fandrich, Pancratz, und Diethelm 2022). Ziel dieser Veranstaltung ist, einerseits technische Kompetenzen hands-on zu entwickeln (3D-Druck, Mikrocontrollerprogrammierung etc.), andererseits sich mit (den eigenen) Soft Skills zu befassen und diese direkt in die gemeinsame Arbeit an einem Artefakt einfließen zu lassen. Prozessbegleitend erstellen die Studierenden einen Blog, auf dem etwa alle 3 Wochen Übungsaufgaben u. a. zur Selbstreflexion und zur Projektbeschreibung zu bearbeiten sind. Auf einer Abschlusskonferenz stellen die Studierenden ihre Projekte untereinander vor. Projekte der letzten Semester waren beispielsweise eine smarte Mülltonne, die ihren Füllstand erfassen und mitteilen kann, ein Pomodoro-Timer und ein automatisch wässernder Blumentopf. Die Projektideen sind geprägt von Diversität, was ihren möglichen Einsatzbereich sowie ihren technischen Anspruch betrifft. Während Grundlagen – beispielsweise zum Aufbau des Internets, zur Programmierung von Mikrocontrollern, sowie deren Netzanbindung – in der begleitenden Vorlesung oder Übung thematisiert werden, obliegt es den Studierenden, welches Niveau ihr Projekt am Ende erreichen wird. Die (Informatik-) Kompetenzen, die Studierende zeitgleich in anderen Lehrveranstaltungen erwerben, können hier ebenfalls direkt eingebracht werden. So bietet die Veranstaltung einen Rahmen, in dem die Studierenden selbstständig in ihren Gruppen an ihren Projekten arbeiten. Hierzu wird mehrmals wöchentlich Zugang zu einer Art Makerspace geboten, wo sie frei arbeiten können. Die hier entstandenen Projekte zeigen ein deutlich anderes Niveau als ein blinkendes T-Shirt oder ein Wildbienenzähler. Die Programmierung ist komplexer, wird während des Prozesses immer wieder überprüft und es können Konzepte und Methoden der Softwareentwicklung zur Gestaltung angewandt werden (vgl. Gesellschaft für Informatik e.V. 2016). Hierbei können auch gesellschaftlich relevante Themen in den Fokus rücken, beispielsweise die Beurteilung und Bewertung gesellschaftlicher Folgen durch die Anwendung von Informatiksystemen (ebd.)

Es zeigt sich, dass eine Verknüpfung von Making und Informatik möglich ist und dass auf diese Weise «high ceiling»-Projekte entstehen können. Dort, wo Raum zum Abbiegen und zum Fehler machen ist, können Lernprozesse derart gestaltet werden, dass durch die und während der Gestaltung von Artefakten Vorstellungen, Phänomene und Systeme analysiert und reflektiert werden. Inhalte werden aktiv handelnd erschlossen, Fragen nach Sinnhaftigkeit oder Nachhaltigkeit von Systemen können kritisch diskutiert werden. Durch gemeinsames Arbeiten, Aufbauen auf

das, was andere zuvor geleistet haben, und den Rollentausch im Entwicklungsprozess entsteht die Möglichkeit, neue Perspektiven zu entdecken und sich selbst als Urheber:in in Bezug dieses Prozesses und der digitalen Welt zu betrachten.

5.2 Making im Informatikunterricht

Digital Fabrication ist bereits im Informatikunterricht angekommen. Häufig dient es als Einstieg oder Grundlage für ein einfaches Verständnis, um aktiv Einblick in ein Informatiksystem zu geben, seine grundlegenden Prinzipien durch eigenes Gestalten zu verstehen oder einen motivierenden Einblick in die Informatik zu erhalten. Der Informatikunterricht selbst bietet jedoch das Potenzial hier noch weiterzugehen. Vielmehr kann hier Maker-Bildung im Sinne des Werkstattlernens, des teilweise ergebnisoffenen Prozesses, stattfinden. Im Informatikunterricht darf das strikt angeleitete Making in offenes, leicht angeleitetes Making übergehen. Wenn die Grundlagen bekannt sind – und das sind sie im Laufe des Schulunterrichts im Fach Informatik –, dann kann Making weit mehr bewirken, als E-V-A zu veranschaulichen oder interessante Zugänge zur Informatik zu bieten. Es ist möglich, weitere Inhalte der Informatik und deren komplexe, abstrakte Inhalte so zu erschliessen, dass sie be-greifbar werden und zur Formung des Ichs in der digitalen Welt beitragen.

Während der Pandemie hat sich der Erfindergeist in Schulen gezeigt: Informatikkurse fingen an, CO₂-Messgeräte im Unterricht zu bauen (Przybylla und Huber 2021). Auch hier ist das Endprodukt zu Beginn des Prozesses bereits festgelegt, jedoch stehen gleichzeitig alle Möglichkeiten des Werkstattlernens offen. Die CO₂-Ampel, die grün, gelb oder rot leuchtet, ist zunächst der erste Schritt. Sie allerdings nicht nach konkreter Anleitung nachzubauen, mehrere Ampeln im Raum zu verteilen, sie divers zu gestalten, Phänomene zu beobachten und die Gestaltung des Artefakts zu reflektieren, sind mögliche didaktische Ansatzpunkte. Sich darüber hinaus mit den eingehenden Daten intensiv zu beschäftigen, diese über einen längeren Zeitraum aufzuzeichnen und zu analysieren, Geräte untereinander oder auf der ganzen Welt miteinander zu vernetzen und Daten zu vergleichen, selbst gestellte Forschungsfragen zu beantworten – all diese Möglichkeiten sind gegeben, wenn Making und Informatik zusammenkommen. Schüler:innen können sich hier kreativ ausleben, eigene Programme schreiben, auf Fehler und Probleme stossen, diese beheben und Daten oder Funktionsweisen technischer Geräte hinterfragen. Making kann den Weg von *Reproduktion* (nachbauen – Anforderungsbereich I) über *Reorganisation und Transfer* (weitere Sensoren hinzufügen – Anforderungsbereich II) zu *Reflexion und Problemlösung* (Analyse der Daten über längeren Zeitraum, Vernetzung mit anderen Geräten, Entwicklung ganz neuer Geräte – Anforderungsbereich III) begleiten und einen Rahmen dazu bilden (Gesellschaft für Informatik e.V. 2016). Kompetenzen verschiedener Inhalts- und Prozessbereiche lassen sich klar definieren: Mit Sensorwerten lassen

sich Informationen und Daten erarbeiten; der Bau eines Informatiksystems lässt die Grundlagen des Aufbaus verstehen (Gesellschaft für Informatik e.V. 2008). Bei gesellschaftlich relevanten Themen, wie es etwa die Pandemie war, lässt sich der Bereich *Informatik, Mensch und Gesellschaft* sehr konkret in den Blick nehmen, um die Möglichkeiten der weltverändernden Informatik hervorzuheben. Themen wie Klimaschutz, Nachhaltigkeit oder Smart Home sind ebenfalls breit gefächerte Bereiche, die für viele Schüler:innen Relevanz haben und Möglichkeiten für Making im Informatikunterricht bieten. Das Zeigen, Teilen und Kommunizieren, beispielsweise mit Informatikkursen an anderen Orten, bietet weitere Möglichkeiten, sich informatisch, aber auch gesellschaftlich weiter mit den Themen zu beschäftigen. Über das Bienenzählen hinaus können mit Vernetzung und Auswertung der Daten weitere Informationen über die Bienenpopulation gewonnen und reflektiert werden.

Für die Informatiklehrkraft bedeutet dies, dass sie diesen Prozess als Lernbegleitung anregen muss. *Design Thinking* hat sich als geeignete Methode im Making erwiesen, die in Form eines systematischen Innovationsansatzes hilft, neuartige Lösungen für Probleme unterschiedlicher Art zu entwickeln. Es beruht auf drei wesentlichen Elementen: einem strukturierten, ergebnisoffenen Prozess, dem kooperativ handelnden Team und einem die Kreativität fördernden Raum (Feldhausen, Weese, und Bean 2018). Ein klar strukturierter Prozess, dessen einzelne Schritte den Lernenden Orientierung geben, hilft, den Fokus vom Ergebnis weg und hin zu den einzelnen Schritten zu lenken. Design Thinking bietet ein Gerüst für den Wandel der Rolle der Lehrkraft von der Fachexpertin, die den Unterricht in erster Linie über direkte Instruktionen anleitet, zur Lernbegleiterin beim Einsatz stärker lernenden-zentrierter Elemente (Stilz, Ebner, und Schön 2020). Die Lernenden werden dabei unterstützt, ihren Lernprozess selbst zu steuern, der sichere Rahmen des in allen Schritten planbaren Lernpfads wird verlassen. Dieser Schritt ins Ungewisse birgt jedoch für die Lehrkraft die Herausforderung, keine planbaren Ergebnisse in Aussicht stellen zu können. Die Ergebnisoffenheit lässt Unsicherheit nicht nur zu, diese wird vielmehr selbstverständlicher Bestandteil des Lernens. Der Umgang mit Rückschlägen oder demotivierenden Erfahrungen muss dabei in jedem Schritt thematisiert und methodisch greifbar gemacht werden. Dazu ist es wichtig, den Prozess sichtbar zu machen, das eigene Vorgehen, Entwürfe und Überlegungen regelmässig zu dokumentieren, mit anderen zu teilen und zu diskutieren. Dabei können Blogs oder Tagebücher helfen und auch zur Reflexion anregen. Auf die Strategien, die im Prozess eingesetzt werden, können die Lernenden später auch in anderen Situationen zurückgreifen. Die Auseinandersetzung damit, was als Erfolg zu werten ist, muss dafür bewusst in den Lernprozess integriert werden, was für Lehrkräfte bisher unbekannt sein kann. Eine weitere Herausforderung für die Lehrkraft ist es, die Vorstellungen der Schüler:innen wieder einzuholen und in einen realistischen Rahmen zu bringen. Sie kann somit auch bei fachlichen Herausforderungen Lösungswege aufzeigen und

die Lernenden dabei unterstützen, sich weiterzuentwickeln. Dazu braucht es das konkrete Wissen über die Technologie und ihre Möglichkeiten sowie die Kenntnis des zeitlichen Rahmens des Projekts und der didaktischen Mittel. Raum und Vorstellungen zu öffnen, ist wichtiger Teil des Makings, aus dem dann die konkreten Optionen geschaffen werden. Informatikunterricht kann diesen Raum schaffen und das Umfeld entsprechend so gestalten, dass es dieses Lernen, Denken, Kommunizieren und Tun erlaubt und fördert.

6. Fazit

Making mit all seinen Facetten – das Entwickeln von Produkten, denen eine virtuelle und eine physische Ebene innewohnt – in einem Prozess, der von Freiräumen, Neugier, intrinsischer Motivation sowie einer positiven Fehlerkultur geprägt ist, beschreibt jenes konstruktionistische Lernen, wie es Informatikunterricht aussehen kann. Wie in bisherigen Maker-Bildungsansätzen zu beobachten ist, braucht es dazu neben methodischer Kompetenz auch fundierte Informatikkenntnisse z. B. über den Aufbau von Informatiksystemen, den Umgang mit Bibliotheken, aber auch den Umgang mit den Produktionsmaschinen, die nicht selten über mehrere Personen verteilt sind. Die Informatiklehrkraft vereint diese Kompetenzen und ist in der Lage, ein solches kreatives Umfeld im Informatikunterricht zu schaffen, in dem der Fokus auf dem Schaffensprozess liegt, aber auch das Produkt relevant ist. Dabei müssen keine weltneuen Produkte entstehen. Hier ist es das kleine «c», das für den Lernprozess und vor allem für die Lernenden von Bedeutung ist. Auf diese Weise kann Informatik als *Wissenschaft zum Dinge erschaffen und Probleme lösen* wahrgenommen werden. Im Sinne der Bildung muss dazu bei den Themen angesetzt werden, die junge Menschen in ihrem Alltag als relevant empfinden, und bei Problemen, die sie lösen wollen. Unter einem weit gefassten Oberthema lassen sich vielfältige Projekte umsetzen – die «wide walls» sind gegeben. Den «low floor» zu Digital Fabrication im Informatikunterricht gibt es bereits – die «high ceiling» bietet noch viel Potenzial. Diesen Prozess zu begleiten, ihn anzuleiten und zuzulassen, erfordert jedoch auch von der Lehrkraft neben informatischer und didaktischer Kompetenz vor allem Offenheit, Kreativität und ebenso den Mut zum Scheitern. Allein die Idee eines Käsekopters bringt kein neues Fluggerät, aber das mutige Ausprobieren, neue und vielleicht ungewöhnliche Ideen in die Tat umzusetzen, und auch das Risiko zu scheitern bringen uns an einen Punkt, an dem etwas gelingen und etwas Neues entstehen kann. Gross-tante Rose würde es so formulieren:

«Dein erster Flop war ein Riesenerfolg, so mach dich bereit,
auf, los, zu neuen Taten. Verlieren wir keine Zeit!»

Literatur

- Baacke, Dieter. 1996. «Medienkompetenz – Begrifflichkeit und sozialer Wandel». In *Medienkompetenz als Schlüsselbegriff*, herausgegeben von Antje von Rein, 112–24. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Beaty, Andrea. 2014. *Wie Rosie den Käsekopter erfand*. München: Knesebeck.
- Blikstein, Paulo. 2013a. «Digital Fabrication and ‘Making’ in Education: The Democratization of Invention». In *FabLab – Of Machines, Makers and Inventors*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching, 203–22. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/transcript.9783839423820.203>.
- Blikstein, Paulo. 2013b. «Gears of Our Childhood: Constructionist Toolkits, Robotics, and Physical Computing, Past and Future». In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children*, 173–82. IDC '13. New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485786>.
- Bockermann, I., J. Borchers, A. Brocker, M. Lahaye, A. Moebus, S. Neudecker, O. Stickel, M. Stilz, D. Wilkens, und R. Bohne. 2021. *Handbuch Fab Labs: Einrichtung, Finanzierung, Betrieb, Forschung und Lehre*. Bonn: Bombini.
- Brinda, Torsten, Niels Brügger, Ira Diethelm, Thomas Knaus, Sven Kommer, Christine Kopf, Petra Missomelius, Rainer Leschke, Friederike Tilemann, und Andreas Weich. 2019a. *Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt*. Gesellschaft für Informatik. <https://doi.org/10.18420/infos2019-a1>.
- Brinda, Torsten, Ira Diethelm, Rainer Gemulla, Ralf Romeike, Johannes Schöning, und Carsten Schulte. 2016. «Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt», herausgegeben von *Gesellschaft für Informatik e.V.* https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf.
- Bruns, Axel. 2007. «Producers: Towards a Broader Framework for User-Led Content Creation». In *Transforming Audiences 2009*. Washington, DC, USA.
- Csikszentmihalyi, Mihaly. 2014. «Flow and the foundations of positive psychology». Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8>
- Csikszentmihalyi, Mihaly, und Jeanne Nakamura. 2014. «Creativity Through the Life Span from an Evolutionary Systems Perspective». In *The Systems Model of Creativity: The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi*, Mihaly Csikszentmihalyi, 239–55. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9085-7_15.
- Dittert, Nadine. 2014. «TechSportiv: constructing objects-to-think-with for physical education». In *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, 569–77. NordiCHI '14. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2639189.2639202>.
- Dittert, Nadine. 2015. *TechSportiv. Technologiekonstruktion: Ein «Gegenstand-mit-dem-mandenkt» für menschliche Bewegung*. Dissertation. Bremen: Universität Bremen. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:46-00104200-18>.

- Dittert, Nadine. 2018. «Diversity in Digital Fabrication: Programming Personally Meaningful Textile Imprints». In *Proceedings of the Conference on Creativity and Making in Education*, 112–13. FabLearn Europe'18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3213818.3219812>.
- Dittert, Nadine, und Eva-Sophie Katterfeldt. 2017. «Das EduFab-Kit-Ein modularer FabLab-Baukasten für Lehrer*innen». *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. Lecture Notes in Informatics (LNI) – Proceedings, Volume P-274*, 291-300. <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/4327>.
- Dittert, Nadine, Eva-Sophie Katterfeldt, und Milena Reichel. 2012. «TechKreativ: Tangible Interfaces in Lernwelten». In *Be-greifbare Interaktionen – Der allgegenwärtige Computer: Touchscreens, Wearables, Tangibles und Ubiquitous Computing*, herausgegeben von Bernd Robben und Heidi Schelhowe, 293–304. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/transcript.9783839420058>.
- Dittert, Nadine, Eva-Sophie Katterfeldt, und Sabrina Wilske. 2014. «Programming Jewelry: Revealing Models behind Digital Fabrication». In *Proceedings of FabLearn 2014*, 4. Aarhus, Denmark. http://fablearn.eu/2014/wp-content/uploads/sites/2/2018/10/fablearn14_submission_82.pdf.
- Dittert, Nadine, Kamila Wajda, und Heidi Schelhowe. 2016. *Kreative Zugänge zur Informatik: Praxis und Evaluation von Technologie-Workshops für junge Menschen*. Bremen. <http://elib.suub.uni-bremen.de/edocs/00105551-1.pdf>.
- Fandrich, Anatolij, Nils Pancratz, und Ira Diethelm. 2022. «Soft Skills and Technical Competence: Interdisciplinary Qualification of First-Year Computer Science Students». In *Proceedings of the 27th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education Vol. 2*, 637–37. Dublin Ireland: ACM. <https://doi.org/10.1145/3502717.3532146>.
- Feldhausen, Russell, Joshua Levi Weese, und Nathan H. Bean. 2018. «Increasing Student Self-Efficacy in Computational Thinking via STEM Outreach Programs». In *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 302–7. SIGCSE '18. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3159450.3159593>.
- Gershenfeld, Neil. 2008. *Fab: the coming revolution on your desktop – from personal computers to personal fabrication*. New York: Basic Books.
- Gershenfeld, Neil. 2012. «How to make almost anything: The digital fabrication revolution». *Foreign Aff.* 91: 43. <https://www.jstor.org/stable/41720933>.
- Gesellschaft für Informatik e.V. 2006. *Was ist Informatik? Positionspapier der Gesellschaft für Informatik e.V.* <https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/was-ist-informatik-lang.pdf>.
- Gesellschaft für Informatik e.V., Hrsg. 2008. «Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule-Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I». Gesellschaft für Informatik e.V. <https://dl.gi.de/items/8be548f4-643c-4893-bf5f-ea130b607322>

- Gesellschaft für Informatik e.V., Hrsg. 2016. «Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II (Januar 2016)». Gesellschaft für Informatik e.V. <https://dl.gi.de/items/847078d0-36fc-4a5f-a40e-8790de705f2c>.
- Hatch, Mark. 2013. *The maker movement manifesto – rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. New York: McGraw-Hill.
- Himpsl-Gutermann, Klaus, Wolfgang B. Ruge, Christina Adorjan, Lotte Krisper-Ullyett, Sonja Macher, Elisabeth Lehner, Hermann Morgenbesser, et al. 2020. «Medienbildung, Making und Schulentwicklung: Theoretische Überlegungen und Erfahrungen zur Implementierung von Maker Labs an Schulen am Beispiel des EduMakerSpace Favoriten». *Medienimpulse* 58 (4): 49 Seiten. <https://doi.org/10.21243/mi-04-20-26>.
- Horn, Michael, und Heidi Schelhowe. 2019. «2018 Edith Ackermann Award: Bildungsmedien: where TechKreativ meets Footwork». In *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children*, 11–14. IDC '19. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3311927.3331885>.
- Humboldt, Wilhelm von, und A. Flitner. 1993. *Schriften zur Politik und zum Bildungswesen*. Humboldt, Wilhelm von: Werke in fünf Bänden. Cotta.
- Kafai, Yasmin B., Eunkyong Lee, Kristin Searle, Deborah Fields, Eliot Kaplan, und Debora Lui. 2014. «A Crafts-Oriented Approach to Computing in High School: Introducing Computational Concepts, Practices, and Perspectives with Electronic Textiles». *ACM Transactions on Computing Education* 14 (1): 1–20. <https://doi.org/10.1145/2576874>.
- Katterfeldt, Eva-Sophie. 2015. *Making Models: vom Selbermachen stofflich-digitaler Artefakte als Modellbildung*. Dissertation. Bremen: Universität Bremen. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:46-00104375-16>.
- Katterfeldt, Eva-Sophie, Nadine Dittert, Sobin Ghose, Arne Bernin, und Mareike Daeglau. 2019. «Effects of Physical Computing Workshops on Girls' Attitudes towards Computer Science». In *Proceedings of the FabLearn Europe 2019 Conference*, 1–3. FabLearn Europe '19. Oulu, Finland: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3335055.3335066>.
- Katterfeldt, Eva-Sophie, Nadine Dittert, und Heidi Schelhowe. 2015. «Designing Digital Fabrication Learning Environments for Bildung: Implications from Ten Years of Physical Computing Workshops». *International Journal of Child-Computer Interaction* 5 (September): 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.08.001>.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2021. *Making im Schulalltag. Konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed.
- mpfs – Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. 2023. «JIM-Studie». <https://www.mpfs.de/studien/jim-studie/2023/>.
- Pancratz, Nils, Anatolij Fandrich, Christos Chytas, Mareike Daeglau, und Ira Diethelm. 2019. «Blöcke, Blumen, Mikrocontroller und das Internet of Things: Ein Konzept zum kontextorientierten Einsatz von Parametric Design und Physical Computing in Mädchen-Förderworkshops». *Informatik für alle*. <https://doi.org/10.18420/INFOS2019-C15>.

- Papert, Seymour. 1980. *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Piaget, Jean. 2003. *Meine Theorie der geistigen Entwicklung*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Przybylla, Mareen, und Stefan W. Huber. 2021. «Entwicklung von CO2-Messgeräten im Informatikunterricht». *NFOS 2021–19. GI-Fachtagung Informatik und Schule*. https://doi.org/10.18420/infos2021_w240.
- Przybylla, Mareen, und Ralf Romeike. 2014. «Physical Computing and Its Scope--Towards a Constructionist Computer Science Curriculum with Physical Computing». *Informatics in Education* 13 (2): 241–54. <https://doi.org/10.15388/infedu.2014.05>.
- Przybylla, Mareen, und Ralf Romeike. 2018. «Impact of Physical Computing on Learner Motivation». In *Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 1–10. Koli Finland: ACM. <https://doi.org/10.1145/3279720.3279730>.
- Resnick, Mitchel, und Ken Robinson. 2017. «Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity Through Projects, Passion, Peers, and Play». *MIT Press*.
- Resnick, Mitchel, und Brian Silverman. 2005. «Some Reflections on Designing Construction Kits for Kids». In *IDC '05: Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children*, 117–22. New York, NY, USA: ACM. <http://doi.org/10.1145/1109540.1109556>.
- Rhodes, Mel. 1961. «An Analysis of Creativity». *The Phi Delta Kappan* 42 (7): 305–10. <http://www.jstor.org/stable/20342603>.
- Schelhowe, Heidi. 2007. *Technologie, Imagination und Lernen: Grundlagen für Bildungsprozesse mit Digitalen Medien*. Münster [u. a.]: Waxmann.
- Schelhowe, Heidi. 2012. «Interaktionsdesign für reflexive Erfahrung: digitale Medien für Bildung». In: *Be-greifbare Interaktionen – Der allgegenwärtige Computer: Touchscreens, Wearables, Tangibles und Ubiquitous Computing*, herausgegeben von Bernd Robben und Heidi Schelhowe. 253–72. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/transcript.9783839420058>.
- Schelhowe, Heidi, Eva Sophie Katterfeldt, Nadine Dittert, und Milena Reichel. 2013. «Edu-Wear: e-textiles in youth sports and theatre». In *Textile Messages: Dispatches from the World of E-textiles and Education*, herausgegeben von Leah Buechley, Kylie A. Peppler, Michael Eisenberg, und Yasmin B. Kafai. New York: Peter Lang.
- Schmalefeldt, Thomas und Maurer, Björn. 2021. «Kreativität in der informatischen Bildung. Bestandsaufnahme und Entwicklungsperspektiven». *merz | medien + erziehung* 65 (5): 10–23. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.5.2>.
- Schön, Sandra, Martin Ebner, und Kristin Narr, Hrsg. 2016. *Making-Aktivitäten mit Kindern und Jugendlichen: Handbuch zum kreativen digitalen Gestalten*. 2. Auflage. Norderstedt: Books on Demand.
- Stelzer, Roland, und Peter Pollak. 2016. «Fab Lab @ School: Digitale Fertigungstechnologien im Unterricht». *Medienimpulse* 54 (1). <https://doi.org/10.21243/mi-01-16-10>.

- Stilz, Melanie, Martin Ebner, und Sandra Schön. 2020. «Maker Education. Grundlagen der werkstatorientierten digitalen Bildung in der Schule und Entwicklungen zur Professionalisierung der Lehrkräfte». In *Digital?! Perspektiven der Digitalisierung für den Lehrberuf und die Lehrerbildung*, herausgegeben von Martin Rothland und Simone Herrlinger, 143-159. Beiträge zur Lehrerbildung und Bildungsforschung. Münster: Waxmann. https://www.researchgate.net/publication/343111382_Maker_Education_Grundlagen_der_werkstatorientierten_digitalen_Bildung_in_der_Schule_und_Entwicklungen_zur_Professionalisierung_der_Lehrkrafte.
- Stilz, Melanie, und Juliane Springsguth. 2021. «Bildung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit zum Potential der Arbeitslehre für die allgemeine Lehrkräftebildung». *Journal of Technical Education – JOTED* 9 (2): 209–28. <https://doi.org/10.48513/joted.v9i2.238>.
- Toffler, Alvin. 1983. *Die dritte Welle-Zukunftschance: Perspektiven für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts*. München: Goldmann.
- Vygotsky, Lev Semenovich, und Michael Cole. 1978. *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Webb, David C., Alexander Repenning, und Kyu Han Koh. 2012. «Toward an Emergent Theory of Broadening Participation in Computer Science Education». In *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 173–78. Raleigh North Carolina USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2157136.2157191>.

Themenheft Nr. 56: Making & more: gemeinsam Lernen gestalten.

Herausgegeben von Bernadette Spieler, Manuela Dahinden, Klaus Rummler und Tobias M. Schifferle

MakeComp4School

Kompetenzrahmen für Maker Education in der Schule mit Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung

Björn Maurer¹ 

¹ Pädagogische Hochschule Thurgau

Zusammenfassung

Das Anliegen des vorliegenden Beitrags besteht in der Konzeptionierung und Fortentwicklung eines Kompetenzrahmens für Maker Education in der Volksschule. Der Kompetenzrahmen mit dem Arbeitstitel «MakeComp4School» soll Lehrpersonen als Grundlage für die Auswahl und Planung von Making-Aktivitäten im Unterricht dienen. Er soll insbesondere die Anschlussfähigkeit der Maker Education an schulische Curricula erhöhen und aufzeigen, dass schulisches Making geeignet ist, um fachliche und überfachliche Kompetenzen im Sinne der bildungspolitischen Rahmenbedingungen (in diesem Fall der nationale Lehrplan21 in der Schweiz) zu entwickeln. Zudem sollen Lehrpersonen mit «MakeComp4School» ein Instrument erhalten, mit dem sie den Kompetenzerwerb ihrer Schüler:innen im Bereich Making sichtbar machen und würdigen können. Mit dem Blick auf aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen und Herausforderungen unter den Vorzeichen einer Kultur der Digitalität (Stalder 2016) liegt ein Schwerpunkt des Kompetenzrahmens auf der transversalen Leitidee einer Nachhaltigen Entwicklung (NE) und bezieht auch – sofern mit den Anliegen der Maker Education kompatibel – Kompetenzbereiche einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ein. Entstehungskontext des Kompetenzrahmens ist das Forschungsprojekt «Making Packages für kompetenzorientiertes Lernen», das in Kooperation der Ostschweizer Fachhochschule (OST), der Pädagogischen Hochschule St. Gallen (PHSG) sowie der Pädagogischen Hochschule Thurgau (PHTG) mit dem Wirtschaftspartner Bischoff AG durchgeführt wird. In diesem Projekt ist der Making-Kompetenzrahmen die Grundlage für die Entwicklung und Kuratierung von Making-Aktivitäten, die Lehrpersonen künftig auf einer OER-Webplattform angeboten werden.

Makecomp4School. Competence Framework for Maker Education in Schools with a Focus on Sustainable Development

Abstract

The aim of the present contribution is the conceptualization and further development of a competence framework for Maker Education in primary schools. The competence framework, with the working title «MakeComp4School», is intended to serve teachers as a basis for the selection and planning of making activities in the classroom. It is particularly aimed at increasing the connection of Maker Education to school curricula and demonstrating that school-based making is suitable for developing subject-specific and interdisciplinary competencies in line with educational policy frameworks (in this case, the national «Lehrplan21» in Switzerland). In addition, teachers using «MakeComp4School» should receive a tool with which they can make visible and appreciate their students' competency acquisition in the field of making. With a focus on current societal developments and challenges under the auspices of a culture of digitality (Stalder 2016), a key aspect of the competence framework is the transversal guiding principle of Sustainable Development (SD) and includes – where compatible with the objectives of Maker Education – competency areas of Education for Sustainable Development (ESD). The context of origin of the competence framework is the research project «Making Packages for Competency-Oriented Learning», carried out in cooperation between the University of Applied Sciences Eastern Switzerland (OST), the University of Teacher Education St. Gallen (PHSG), the University of Teacher Education Thurgau (PHTG), and the business partner Bischoff AG. In this project, the Maker Competency Framework serves as the basis for the development and curation of maker activities that will be offered to educators on an OER (Open Educational Resources) web platform in the future.

1. Einleitung

Obwohl die Maker Education inzwischen in einigen Teilen des schweizerischen Volksschulsystems Fuss gefasst hat, befinden sich die Reflexionen über den Kompetenzerwerb und dessen Integration in den regulären Schulunterricht noch in einer initialen Phase. Einzelne Initiativen streben zwar danach, den Making-Ansatz in der Schule zu legitimieren und eine Verknüpfung mit den in den Lehrplänen vorgesehenen Kompetenzen herzustellen, jedoch existiert bislang kein umfassend anerkanntes Modell, das als Basis für die Entwicklung von Instrumenten zur Leistungsbeurteilung dienen könnte. Die Erarbeitung eines solchen Kompetenzrahmens stellt demnach das primäre Ziel des vorliegenden Beitrags dar.

1.1 Vorgehensweise

Zunächst wird das dem genannten Forschungsprojekt zugrundeliegende Making-Verständnis (Maurer und Ingold 2023) und das NE/BNE-Verständnis kontextualisiert sowie die Bedeutung des Begriffs «Kompetenz» (Roth 1971; Weinert 2001) bezogen auf schulisches Making entfaltet. Aus dem Zweck des Kompetenzrahmens und aus dem zugrundeliegenden Verständnis von schulischem Making werden Kriterien für die Analyse bestehender Kompetenzrahmen im Bereich der Maker Education abgeleitet und in ein Analyseinstrument übertragen. Das Analyseinstrument dient dazu, relevante Kompetenzen und Teilkompetenzen zu identifizieren, welche in *Make-Comp4School* aufgenommen werden können. Gegenstand einer ersten Analyse ist die Vor-Version eines Making-Kompetenzrahmens, der im Rahmen eines Entwicklungsprojekts der Pädagogischen Hochschule Thurgau und der Fachhochschule Nordwestschweiz entstanden ist (vgl. Maurer und Ingold 2021; Maurer, Mauroux, und Möschler 2022). Diese Vorversion – im Folgenden als «MakeCompBeta» bezeichnet – wird als Prototyp herangezogen, der im Abgleich mit weiteren Making-Kompetenzrahmen im internationalen Kontext und im Diskurs mit Expert:innen innerhalb des Projektkonsortiums auf iterative Weise weiterentwickelt wird. Dazu ist es nötig, zunächst die Beschränkungen und Desiderate von MakeCompBeta herauszuarbeiten – insbesondere bezogen auf die Anforderungen im Forschungsprojekt (Integration von Kompetenzen im Bereich BNE). Die ausgewählten internationalen Making-Kompetenzmodelle (respektive Modelle aus verwandten Bereichen) werden zunächst kurz vorgestellt und die einzelnen Kompetenzen mit dem Analyseinstrument auf Relevanz überprüft. Übereinstimmungen und inhaltliche Entsprechungen mit MakeCompBeta werden gekennzeichnet, Desiderate werden kompensiert, indem entweder Teilkompetenzen an passender Stelle in MakeCompBeta ergänzt oder Kompetenzbereiche neu hinzugefügt werden. Die Analysen sind nicht Bestandteil des Artikels, sondern in den Anhängen 2 und 3 aufgeführt. In Vorbereitung der Verzahnung von Making-Kompetenzen mit Kompetenzen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) wurde ein Scoping Review aktueller internationaler Literatur im Schnittfeld von Making, Inklusion und Nachhaltigkeit erstellt (vgl. Bosse, Maurer, und Schluchter 2024). Aus diesem Review lassen sich die wenigen bislang identifizierten Schnittfelder von Maker Education und Nachhaltiger Entwicklung bestimmen und für die Analyse geeignete BNE-Kompetenzmodelle mit Anschlussfähigkeit an die Making-Praxis auswählen. Auch dieser zweite Analyseschritt soll die bereits in MakeCompBeta enthaltenen Kompetenzen mit NE/BNE Bezug bestätigen und weitere Kompetenzen und Teilkompetenzen identifizieren, die mit dem zugrundeliegenden Verständnis von Maker Education kompatibel sind. Nach der Präsentation der Ergebnisse vor Expert:innen im Projektbeirat erfolgt eine weitere Überarbeitungsphase mit Fokus auf die Formulierung der Teilkompetenzen. Dieser Schritt ist notwendig, weil die Kompetenzen in manchen Frameworks zu wenig konkret

und zu wenig zielgruppenspezifisch formuliert sind. Der aktuelle Stand von *MakeComp4School* wird am Ende im Überblick (24 Making-Kompetenzen) und im Detail (jeweils sechs Teilkompetenzen pro Making-Kompetenz) dargestellt.

1.2 Anforderungen, Kontext und Zweck des Kompetenzrahmens

MakeComp4School richtet sich an Lehrpersonen, die für ihre jeweiligen Zielstufen und die betreffenden Lehrplanvorgaben ihrer Fächer geeignete Making-Aktivitäten auswählen wollen. Für Entwickler:innen von Making-Aktivitäten im Rahmen des Projekts «Making Packages für kompetenzorientiertes Lernen» dient *MakeComp4School* als Orientierung, um ein inhaltlich breit gefächertes und an die Schulpraxis anschlussfähiges Angebot zu designen, das Schüler:innen zur Bewältigung der Zukunftsherausforderungen (Nachhaltige Entwicklung, verantwortungsvoller Umgang mit Digitalität) befähigt. Aus dem skizzierten Zweck von *MakeComp4School* leiten sich im Einzelnen folgende Kriterien ab:

1.2.1 Ausrichtung auf Volksschule mit Zielgruppe Schüler:innen (Relevanz)

MakeComp4School bezieht sich auf Kompetenzen, die Schüler:innen der Volksschule beim Making erwerben bzw. benötigen (es handelt sich also explizit nicht um ein Framework für (angehende) Lehrpersonen). Struktur, inhaltlicher Zuschnitt und die verwendeten Begrifflichkeiten von *MakeComp4School* müssen eine gewisse Anschlussfähigkeit an aktuelle bildungspolitische Vorgaben und schulische Lehrpläne aufweisen. Insbesondere sollten Differenzierungen und Terminologien verwendet werden, die in der Schulpraxis bereits eingeführt sind, sodass schulische Akteur:innen sie einordnen können und handlungsfähig sind.

1.2.2 Berücksichtigung der Intentionen der Maker Education (Maker Mindset)

Damit Making als Bildungsinnovation (Maurer und Ingold 2023) im Schulkontext wirksam sein kann, ist die Orientierung an Philosophie, Methoden und Intentionen der Maker Education (insb. am Maker Mindset) zentral. Zudem gilt es, die inhaltlichen, technischen, ästhetischen, sozialen und ethischen Herausforderungen von Produktentwicklungsprozessen in *MakeComp4School* adäquat abzubilden. Der Fokus liegt auf dem Erfinden und Entwickeln von Prototypen bzw. Produkten, wobei es sich sowohl um dreidimensionale, analoge, als auch um digitale Produkte (z. B. Software, Videos, Audioproduktionen) handeln kann. *MakeComp4School* ist kein genuines Digital Literacy/Medienkompetenzframework, wenngleich Medienkompetenzen als Teildimensionen berücksichtigt sind.

1.2.3 Entwicklung von überfachlichen Kompetenzen und Fachkompetenzen (Personal-, Sozial-, Methodenkompetenzen und Fachkompetenzen)

Da schulisches Making aktuell kein eigenes Fach ist und entsprechend Lernzeitfenster aus bestehenden Fachressourcen zusammengezogen werden müssen, ist die Schnittstelle von schulischem Making zu den Fachdidaktiken und den making-kompatiblen Fachkompetenzen in *MakeComp4School* besonders zu beleuchten. Neben den Fachkompetenzen sollen explizit die überfachlichen Kompetenzen im Zusammenhang mit Making-Lernprozessen herausgehoben werden.

1.2.4 Kompetenzen für eine Nachhaltige Entwicklung (Nachhaltigkeit)

Das transversale Thema Nachhaltigkeit (bzw. nachhaltige Entwicklung) soll sich explizit im Kompetenzrahmen niederschlagen. Es gilt, insbesondere jene Nachhaltigkeitskompetenzen zu identifizieren und zu konkretisieren, die unmittelbar anschlussfähig an Making-Lernprozesse im Sinne des zugrundeliegenden Making-Verständnisses sind.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Making-Verständnis

Grundlage für die Entwicklung von *MakeComp4School* ist ein breites Verständnis von schulischem Making nach Maurer und Ingold (2023), das über digitale bzw. technologische Fragen im Zusammenhang mit Produktentwicklungsprozessen hinausgeht und ästhetische, kulturelle sowie ethische Aspekte einschliesst. In Anlehnung an das *Maker Movement Manifesto* von Hatch (2013): *Make, Share, Give, Learn, Tool Up, Play, Participate, Support, Change* und an die 4Ps von Resnick (2017): *Projects, Passion, Peers und Play* ist schulisches Making als offene und selbstbestimmte Form des Lernens (*participate*) zu verstehen, die von den Interessen und Ideen (*Passion*) der Schüler:innen ausgeht. Making-Prozesse können selbstentdeckend, spielerisch-explorativ (*play*) oder auch problembasiert und auf die Konstruktion bzw. Entwicklung sinnlich wahrnehmbarer Artefakte ausgerichtet sein (*make, create*). Prototypen können gezeigt, diskutiert und auf iterative Weise zu Produkten weiterentwickelt werden (*projects*). Oftmals verlaufen Making- bzw. Produktentwicklungsprozesse iterativ. Schüler:innen bilden eine Lerngemeinschaft (*peers*), in welcher sich die Akteur:innen gegenseitig unterstützen (*support, give*), miteinander Erfahrungen sammeln, neue Dinge ausprobieren, Fehler machen und aus ihnen lernen (*learn*). Voraussetzung ist eine positive, wertschätzende und inspirierende Atmosphäre – eine Kultur (*Maker Mindset*), die zum Ausprobieren und kreativ sein ermutigt. Für

die Umsetzung ihrer Ideen nutzen die Schüler:innen verschiedene Materialien und Werkstoffe sowie analoge und digitale Technologien und Fertigungsverfahren (z. B. 3D-Druck) (Tool Up).

2.2 *Nachhaltigkeit, Nachhaltige Entwicklung und BNE*

«Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs» (Brian R. Keeble 1988, 37).

Nachhaltigkeit beschreibt einen gesellschaftlichen Idealzustand, in welchem die Bedürfnisse der aktuellen Generation erfüllt werden, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zur Bedürfnisbefriedigung einzuschränken. Im Spannungsfeld zwischen den Auffassungen einer starken (Vorrang der Ökologie als Grundlage von Gesellschaft und Wirtschaft) und einer schwachen Nachhaltigkeit (Säulenmodell, Gleichgewicht zwischen ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Interessen) zielt die nachhaltige Entwicklung darauf, die Langfristigkeit und Zukunftsfähigkeit der Beziehungen zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialen Strukturen kritisch zu beleuchten und zu gestalten (vgl. von Hauff 2014; Pufé 2017). Im Prozess der nachhaltigen Entwicklung spielen ethische Prinzipien eine zentrale Rolle, insbesondere die Bewahrung des ökologischen Gleichgewichts, die Sicherstellung ökonomischer Resilienz zur Steigerung der Lebensqualität und die Stärkung sozialer Kohäsion, gestützt auf die Pfeiler der Humanität, Freiheit und Gerechtigkeit (vgl. Pufé 2017, 22; von Hauff 2014, 31–44).

Auf der Basis des skizzierten Verständnisses einer nachhaltigen Entwicklung lässt sich Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) als pädagogischer Ansatz definieren, der darauf abzielt, Individuen nicht nur zu befähigen, sondern zu inspirieren, sich aktiv und gestaltend in den Prozess der gesellschaftlichen Transformation einzubringen, mit dem übergeordneten Ziel, nachhaltige Prinzipien zu verankern (vgl. de Haan 2002; Rieckmann 2021). BNE ermächtigt Menschen dazu, eigenständig und verantwortungsbewusst an der Formung der sozialen, ökologischen und ökonomischen Dimensionen der Gegenwart und der Zukunft mitzuwirken (vgl. Sieben 2021). Das impliziert, dass durch BNE aufgeklärte und engagierte Individuen idealerweise in der Lage sind, die komplexen Herausforderungen, Widersprüche und Unsicherheiten unserer zunehmend globalisierten Welt mit kritischem Denken und kreativen Lösungsansätzen zu bewältigen. Auf der Grundlage demokratischer und humanistischer Werte entwickeln sie Strategien, die darauf zielen, ein Gleichgewicht zwischen ökonomischen Interessen, ökologischer Nachhaltigkeit und sozialem Wohl zu erreichen und sich aktiv für die Bekämpfung sozialer Ungleichheiten und Ungerechtigkeiten einzusetzen (vgl. auch Vare und Scott 2008).

In der deutschsprachigen Bildungslandschaft hat sich das Konzept der «Gestaltungskompetenz», entwickelt von de Haan (2002), als zentrale Referenz in der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) etabliert. Dieses Konzept stellt eine Verbindung zwischen Bildung und der proaktiven Teilnahme sowie Mitgestaltung gesellschaftlicher Prozesse her und wird als primäres Ziel in der BNE-Praxis angesehen. Es dient als Grundlage für die Ausarbeitung weiterführender BNE-Kompetenzmodelle, darunter die «Kernkompetenzen Globaler Entwicklung» (KMK und BMZ 2016) und die «Key competencies in sustainability» (Wiek et al. 2011). Diese Modelle streben danach, Lehr- und Bildungspläne im Licht der Nachhaltigkeitsherausforderungen, wie sie in den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) verankert sind, zu aktualisieren und weiterzuentwickeln.

2.3 Kompetenzverständnis

Der Begriff «Making Kompetenz» bezeichnet in Anlehnung an Weinert (2001) ein Bündel von Wissen und Kenntnissen, Fertigkeiten und Handlungsrouninen, Bereitschaften und Haltungen. Es handelt sich im Besonderen um Dispositionen für mündiges, d. h. selbstständiges, kreatives und kritisch-verantwortungsvolles Handeln im Zusammenhang mit der Entwicklung und Umsetzung eigener Ideen zu Produkten bzw. Prototypen mithilfe digitaler und analoger Werkstoffe bzw. Herstellungsverfahren (vgl. Kumpulainen et al. 2020, 3).

Making-Kompetenzen versetzen Lernende in die Lage, situative Heraus- und Anforderungen im Kontext von Making-Aktivitäten zu bewältigen, dabei Selbstwirksamkeit und Selbstermächtigung zu erleben (z. B. im Rahmen von Repair-Projekten, vgl. Ryan et al. 2016; Kannengießler 2018), eigene Interessen und Fähigkeiten weiterzuentwickeln sowie gemeinsam an erstrebenswerten Zukunftsentwürfen zu arbeiten (Prototypen für eine nachhaltige Entwicklung konstruieren). Die Dispositionen werden für Konstruktions- und Designentwicklungsprozesse von Prototypen und die damit verbundenen Phasen wie Problemidentifikation, Formulierung von Handlungsbedarfen, Recherche, Ideenentwicklung, Lösungsfindung, Umsetzung und Gestaltung, Erprobung und Reflexion sowie der Weiterentwicklung benötigt. Sie lassen sich in Anlehnung an die Dimensionen von Roth (1971) fassen, der «Mündigkeit als verantwortliche Handlungsfähigkeit» als Zusammenspiel von Selbstkompetenz, Sozialkompetenz und Sachkompetenz beschrieben hat – ergänzt durch die funktionale Dimension der Methodenkompetenz.

Um an den Schulkontext anschlussfähig zu bleiben, werden im Folgenden – analog zum Lehrplan21 der Schweizer Volksschule – die Bezeichnungen *Personale Kompetenz*, *Sozialkompetenz*, *Methodenkompetenz* und *Fachkompetenz* verwendet. Diese Kompetenzdifferenzierung bietet eine Schnittstelle sowohl zu den Fächern und

ihren Fachdidaktiken (Fachkompetenzen) sowie zu den überfachlichen Zukunfts- und Nachhaltigkeitskompetenzen, die bei Making-Aktivitäten erworben bzw. angewendet werden (können).

Das hier vertretene Kompetenzverständnis wird bewusst nicht zugunsten einer potenziellen Messbarkeit im Sinne von Klieme et al. (2007) auf kognitive Leistungsdispositionen reduziert (kritisch dazu: Vonken 2011, 27). Es geht also nicht um die Entwicklung einer engmaschigen Kompetenzmodellierung, die auf die Vermessung von Bildung und die Quantifizierung der kognitiven Leistung von Lernenden zuläuft, im Gegenteil: *MakeComp4School* dient Lehrpersonen und Schüler:innen dazu, das Potenzial einer ganzheitlichen Persönlichkeitsbildung und nachhaltigkeitsbezogenen Bildung zu überblicken, Lernprozesse aus diagnostischer Perspektive zu unterstützen und Entwicklungsprozesse sichtbar zu machen. Das Maker Mindset ist mit einem ressourcenorientierten Verständnis von Leistungsbegutachtung untrennbar verbunden.

Da es beim Thema Nachhaltigkeit/nachhaltige Entwicklung nicht nur um Handlungsressourcen, sondern insbesondere auch um Handlungspräferenzen und -dispositionen geht, lassen sich Making-Kompetenzen nicht innerhalb kurzzeitpädagogischer Einheiten oder Lektionen «vermitteln», sondern nur über einen längeren Zeitraum von den Lernenden «entwickeln» (vgl. Sander und Weckwerth 2013, 174). Sie beinhalten making-spezifische Wissensbestände, Fertigkeiten und Haltungen im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung.

Konsequenzen:

- Die Kompetenz-Dimensionierung in *MakeComp4School* orientiert sich an der Differenzierung in Personale, Soziale, Methoden- und Fachkompetenzen, um unmittelbar anschlussfähig an die Terminologie von Lehr- und Bildungsplänen zu bleiben.
- *MakeComp4School* wird aus mehreren Making-Kompetenzen bestehen, die sich wiederum aus einer bestimmten Anzahl an Indikatoren zusammensetzen, d. h. aus making-spezifischen Wissensbeständen, Haltungen und Fertigkeiten – nach Möglichkeit mit Bezug zur Leitidee einer nachhaltigen Entwicklung.
- Für die Selbsteinschätzung der eigenen und teambezogenen Making-Leistung benötigen die Schüler:innen Kompetenz- bzw. Indikatorenformulierungen, die sie verstehen und einordnen können.

3. Ausgangspunkt und Vorarbeiten

3.1 Die initiale Version des Kompetenzframeworks (MakeCompBeta)

In vorangegangenen Praxisforschungsprojekten zum Thema Making im schulischen Kontext wurde, basierend auf teilnehmenden Beobachtungen durch involvierte Forschende und Lehrpersonen, ein initiales Kompetenzmodell für Making-Kompetenzen in der Schule konzipiert (vgl. Maurer, Mauroux, und Möschler 2022), das im Folgenden als «MakeCompBeta» bezeichnet wird. Die Notwendigkeit zur Entwicklung eines solchen Kompetenzrahmens entsprang u.a. dem Bedürfnis der Lehrpersonen, Making-Lern- und Entwicklungsprozesse nachzuzeichnen und geeignete Instrumente für konstruktives Feedback einsetzen zu können. MakeCompBeta basiert hauptsächlich auf Daten, die im Rahmen einer teilnehmenden Beobachtung von schulischen Making-Prozessen zwischen 2018 und 2020 erhoben wurden. Bislang erfolgte jedoch weder ein Abgleich mit zwischenzeitlich publizierten Making-Kompetenzframeworks noch eine konzeptionelle Weiterentwicklung des Modells. MakeCompBeta dient nun als Ausgangspunkt, um ein Making-Kompetenz-Framework zu entwickeln, das dem eingangs beschriebenen Zweck gerecht wird. In Anlehnung an Roth (1971) sowie die Terminologie des Lehrplans²¹ werden in MakeCompBeta vier Kompetenzfelder differenziert:

Personale Kompetenzen	Methodenkompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> • Eigenständigkeit (1.1) • Offenheit / Risikobereitschaft (1.2) • Selbstregulation / Selbstreflexion (1.3) • Flexibilität / Improvisation (1.4) • Überzeugungskraft / Argumentation (1.5) • Verantwortung / Haltung (1.6) 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemanalyse / Problemverstehen (2.1) • Kreative Denk- und Problemlösefähigkeit (2.2) • Recherche- und Informationskompetenz (2.3) • Produktentwicklungskompetenz (2.4)
Soziale Kompetenzen	Fachkompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenarbeit (3.1) • Hilfsbereitschaft / Gemeinwohlorientierung (3.2) • Feedback / Unterstützung (3.3) • Wertschätzung / Fehlerkultur (3.4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendung von (digitalen) Werkzeugen und Maschinen (4.1) • Bereich: Handwerk / Material (4.2) • Bereich: Technik (4.3) • Bereich: Gestaltung und Design (4.4) • Informatische Kompetenzen (4.5) • Medienkompetenzen (4.6)

Tab. 1: Kompetenzdimensionen der Vorversion im Überblick.

MakeCompBeta besteht aus 20 Kompetenzbereichen (Tabelle 1), die wiederum in insgesamt 49 Teilkompetenzen operationalisiert sind (Tabelle 2). In jedem Kompetenzbereich sind zwischen zwei und sechs Teilkompetenzen modelliert.

3.1.1 Personale Kompetenzen

Eigenständigkeit	Offenheit/Risikobereitschaft	Selbstregulation/ Selbstreflexion
<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können im MakerSpace eigeninitiativ handeln, eigene Ideen und Fragestellungen entwickeln. Die Schüler:innen können von eigenen Interessen und Bedürfnissen ausgehend Produkte/Prototypen herstellen. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können und wollen sich auf Unbekanntes einlassen, Neues lernen und dabei Fehler in Kauf nehmen. Die Schüler:innen können etwaige Risiken abwägen. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können sich auf den Making-Prozess konzentrieren, zielgerichtet arbeiten und lassen sich von Schwierigkeiten nicht entmutigen. Die Schüler:innen können das eigene Handeln reflektieren und aus Fehlern Schlüsse ableiten.
Flexibilität/Improvisation	Überzeugungskraft/ Argumentation	Verantwortung/Haltung
<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können auf Unerwartetes positiv reagieren und auch in Mangelsituationen adäquate Lösungen finden. Die Schüler:innen können sich – sofern nötig – vom eigenen Vorhaben lösen und alternative Wege einschlagen. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können sich selbst und andere von den eigenen Ideen begeistern. Die Schüler:innen können eigene Entwicklungen (Prototypen) mit überzeugenden Argumenten rechtfertigen. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können für den eigenen Lernprozess die Verantwortung übernehmen. Die Schüler:innen können die Entwicklung von Prototypen an ethischen Prinzipien ausrichten (z. B. Nachhaltigkeit, Technikfolgenabschätzung...).

Tab. 2: Personale Kompetenzen in der Vorversion.

3.1.2 Methodenkompetenzen

Problemanalyse/Problemverstehen	Kreativität/Problemlösen
<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können den Kern eines (vorgegebenen) Problems erkennen und beschreiben. Die Schüler:innen können Probleme im Alltag eigenständig identifizieren. Die Schüler:innen können Fehler/Dysfunktionen und deren Ursachen in Produkten identifizieren. Die Schüler:innen können sich in die Bedürfnisse von Produkt-Nutzer:innen hineinendenken. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können mittels assoziativer und spielerischer Verfahren technische und gestalterische Ideen generieren. Die Schüler:innen können mithilfe von Kreativitätstechniken Lösungen entwickeln. Die Schüler:innen können aus einer Fülle von potenziellen Ideen eine adäquate Lösung finden. Die Schüler:innen können durch Kombination/ De- und Rekonstruktion von Materialien und Technologien neuartige Ansätze entwickeln.

Recherche/Informationsverarbeitung	Produktentwicklung
<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler:innen können Informationen recherchieren, die für das eigene Making-Vorhaben relevant sind (Inspiration, Lösungsmöglichkeiten, ...). • Die Schüler:innen können recherchierte Informationen beurteilen, selektieren und für das eigene Making-Projekt nutzen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler:innen können einen Produktentwicklungsprozess von der Idee bis zum fertigen Produkt durchlaufen. • Die Schüler:innen können Prototypen im Rahmen eines iterativen Prozesses von Recherche, Ideenentwicklung, Konstruktionsaktivitäten und Tests bzw. Feedback weiterentwickeln. • Die Schüler:innen können das Ziel der Entwicklung im Blick behalten.

Tab. 3: Methodenkompetenzen in der Vorversion.

3.1.3 Soziale Kompetenzen

Zusammenarbeit	Hilfsbereitschaft/Gemeinwohlorientierung
<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler:innen können ein Making-Produkt im Team entwickeln und die Aufgaben sinnvoll aufteilen. • Die Schüler:innen können die Stärken und Kompetenzen der Team-Mitglieder effizient einsetzen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler:innen sind bereit, wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse mit anderen zu teilen. • Die Schüler:innen tragen zum Gelingen der Projekte anderer Klassenkamerad:innen bei. • Die Schüler:innen sorgen für Ordnung und ermöglichen dritten Personen die Nutzung des MakerSpaces.
Feedback geben und verwerten	Wertschätzung/Fehlerkultur
<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler:innen können sich in andere Produkte hineindenken und kritisch-konstruktives Feedback zur Weiterentwicklung geben. • Die Schüler:innen können Feedback Dritter annehmen und in die weitere Produktentwicklung einbeziehen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler:innen können Ideen ihrer Klassenkamerad:innen wertschätzend und ermutigend begegnen. • Die Schüler:innen können eigene Fehler oder Fehler von Klassenkamerad:innen als Bereicherung verstehen und Konsequenzen ableiten.

Tab. 4: Soziale Kompetenzen in der Vorversion.

3.1.4 Fachkompetenzen

Anwendung digitaler Werkzeuge und Maschinen	Handwerk/Material und Verfahrenstechnik	Technik, Mechanik, Elektrotechnik
<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können Geräte der digitalen Fabrikation bedienen und für ihre Produktentwicklung nutzen. Die Schüler:innen können holz-, kunststoff- und metallverarbeitende Maschinen bedienen und für ihre Produktentwicklung nutzen. Die Schüler:innen können Sicherheitsmassnahmen beachten. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen beherrschen handwerkliche Verfahren, die für die Produktentwicklung relevant sind. Die Schüler:innen können Bauteile aus altersgemässen Materialien präzise vermessen, anzeichnen, aussägen/zuschneiden, fertigen und diese montieren und/oder zusammenfügen. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen kennen naturwissenschaftlich-technische Funktionszusammenhänge bzw. können sie in explorativen Settings situativ erschliessen und nutzen. Die Schüler:innen können Konstruktionen unter Berücksichtigung von mechanischen und elektrodynamischen Funktionszusammenhängen erstellen.
Gestaltung und Design	Informatikkompetenzen	Medienkompetenzen
<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können Konstruktionen unter Berücksichtigung von ästhetischen bzw. designorientierten Gesichtspunkten anfertigen. Die Schüler:innen können Produkten eine adäquate Form verleihen. Die Schüler:innen können technische Installationen durch Design funktionsfähig gestalten. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen kennen Grundkonzepte des Programmierens und können sie in eigenen Projekten anwenden. Die Schüler:innen kennen den grundlegenden Aufbau eines informatischen Systems. Die Schüler:innen können digital erzeugte Daten verwenden (z. B. in einem Programm) 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler:innen können Medien für die Dokumentation des Lern- und Produktentwicklungsprozesses verwenden. Die Schüler:innen können Produktpräsentationen unter Einbezug von Medien ansprechend und informativ gestalten.

Tab. 5: Fachkompetenzen in der Vorversion.

3.2 Diskussion und Würdigung

MakeCompBeta stellt einen ersten Versuch dar, Kompetenzbereiche und Teilkompetenzen im Bereich schulischen Makings zu modellieren. Da MakeCompBeta auf der Basis von Erfahrungen und Beobachtungen in der Schulpraxis entwickelt und mit Bildungsexpert:innen an der Pädagogischen Hochschule Nordwestschweiz abgestimmt wurde, sind Relevanz und Anschlussfähigkeit an die Volksschule zu erwarten. Die Adaption der im Lehrplan21 (LP21) verwendeten Terminologie der überfachlichen Kompetenzen stellt für Lehrpersonen eine Erleichterung im Umgang mit MakeCompBeta dar. Der Umstand, dass die Fachkompetenzen nicht den klassischen Schulfächern und Fachbereichen zugeordnet sind, kann jedoch zu Irritationen führen. Gegen eine Zuordnung zu den Schulfächern spricht allerdings zum einen die

interdisziplinäre Ausrichtung schulischen Makings; zum anderen lassen sich viele Making-Fachkompetenzen nicht eindeutig einem Fach zuordnen. Das Themenfeld der Digitalen Fabrikation beispielsweise hat Bezüge zum Fach Textiles und Technisches Gestalten (TTG), zum Fach Medien und Informatik (MI) und auch zum Fach Mathematik (z. B. 3 Achsen, Koordinatensystem, gcode). Mechanische Konstruktionen beim Making lassen sich aus naturwissenschaftlicher *und* aus gestalterischer Perspektive betrachten.

Vor diesem Hintergrund erscheint eine Strukturierung der Fachkompetenzen nach interdisziplinären Making-Domänen wie Mechanik, Physical Computing und digitale Fabrikation als sinnvoll. Allerdings erfordert die Anschlussfähigkeit an den Schulalltag eine Übersetzung dieser Making-Fachkompetenzen in die Logik des Lehrplans. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Lehrplan21 einige überfachliche Kompetenzen explizit auch als Fachkompetenzen aufgeführt sind. Zum Beispiel steht Kommunikation als überfachliche Kompetenz in Relation zu Fachkompetenzen aus dem Bereich Sprachen; Informationskompetenz ist ein Teil des Fachs Medien und Informatik, zugleich aber auch eine überfachliche Methodenkompetenz. In MakeCompBeta sind Bezüge zur Bildung für nachhaltige Entwicklung ansatzweise erkennbar, diese sind jedoch eher implizit und markieren keinen Schwerpunkt, wie es im Projekt «Making Packages für kompetenzorientiertes Lernen» vorgesehen ist. Dieser Befund lässt sich darauf zurückführen, dass ursprünglich von den individuellen Präferenzen und Ideen der Schüler:innen ausgegangen wurde, ohne explizit Kompetenzen einer BNE zu adressieren.

Obschon die inhaltliche Differenzierung der Kompetenzbereiche insgesamt kohärent wirkt, zeigen sich in MakeCompBeta inhaltliche Unschärfen: Beispielsweise lassen sich «Selbstregulation» und «Selbstreflexion» zwar den personalen Kompetenzen zuordnen, sie repräsentieren jedoch inhaltlich unterschiedliche Bereiche und können daher nur bedingt im selben Kompetenzbereich gefasst werden. Des Weiteren sind einige Teilkompetenzen zu wenig konkretisiert, sie aggregieren mehrere Kompetenzen, die korrekterweise getrennt aufgeführt werden müssten (z. B. «Die Schüler:innen können sich auf den Making-Prozess konzentrieren, zielgerichtet arbeiten und lassen sich von Schwierigkeiten nicht entmutigen»). Schwierigkeiten struktureller Art manifestieren sich im Umstand, dass die Anzahl der Teilkompetenzen in den Kompetenzbereichen stark variiert. Als ebenfalls uneinheitlich kann der Abstraktionsgrad der Teilkompetenzen bezeichnet werden. Im Kompetenzbereich «Technik, Mechanik, Elektrotechnik» umreißen die Teilkompetenzen komplette Arbeitsfelder und sind entsprechend allgemein in der Formulierung, während der Kompetenzbereich «Kreativität» eine differenziertere Strukturierung aufweist. In MakeCompBeta wird zudem nicht deutlich, ob die Teilkompetenzen als Cluster, als Hierarchieebenen oder als unabhängige Kompetenzdimensionen zu verstehen sind. Es fehlt eine weitere Konkretisierung hinsichtlich von Indikatoren, anhand derer die

Überprüfung des Kompetenzerwerbs möglich ist. Diese Indikatoren müssten im Sinne Weinerts (2001) spezifische Wissensbestände, Fertigkeiten und Haltungen beinhalten, die eine Kompetenz in Summe ausmachen.

3.3 Konsequenzen

- MakeCompBeta kann als Grundlage für die Weiterarbeit verwendet werden; insbesondere an der Differenzierung in Personale, Sozial-, Methoden- und Fachkompetenzen ist festzuhalten.
- Die bisherigen Kompetenzbereiche in MakeCompBeta sind mit weiteren, in der Zwischenzeit erschienenen Frameworks abzugleichen, zu bestätigen bzw. zu erweitern.
- Die Kompetenzbereiche müssen auf ihre Trennschärfe hin überprüft werden. Eine mögliche Weiterentwicklung wäre, statt Kompetenzbereiche mit Bezeichnungen wie «Kreativität» einzelne Kompetenzen zu formulieren und diesen wiederum spezifische Wissensbestände, Fertigkeiten und Haltungen (als Indikatoren) zuzuordnen und als solche zu konkretisieren. Diese Form der Konkretisierung käme auch Lehrpersonen zugute, die anhand des Kompetenzframeworks nicht nur Bildungsangebote auswählen, sondern auch den Kompetenzerwerb der Schüler:innen überprüfen wollen.
- Die Kompetenzbereiche sind inhaltlich entweder nach möglichen Anschlussstellen einer BNE zu prüfen und/oder ein Kompetenzbereich Nachhaltigkeit wäre neu zu ergänzen, um das transversale Thema zu explizieren.
- Die Anzahl der Indikatoren zu den jeweiligen Kompetenzen ist anzugleichen.
- Die Strukturierungsform der Indikatoren ist ggf. zu überdenken.

4. Literaturrecherche und Auswahl geeigneter Kompetenzframeworks

Zwei Literaturrecherchen in der EBSCO-Datenbank der Universität Konstanz dienen der Identifikation bestehender making-naher Kompetenzmodelle. Für den Volksschulkontext konnten erwartungsgemäss nur wenige Frameworks identifiziert werden, weswegen der Suchfokus auf den Bildungskontext «Hochschule» und auf den inhaltlichen Bereich «Engineering Education» ausgeweitet wurde. Kompetenzmodelle im Schnittfeld von Making und Bildung für nachhaltige Entwicklung konnten bislang nicht identifiziert werden. Deshalb wurde auch eine Auswahl reiner BNE-Frameworks als analyserelevant klassifiziert.

4.1 Making-Kompetenz Frameworks

Die Literaturdurchsicht mit den Suchbegriffen «Making OR MakerSpace / Kompetenz OR Skill / Schule OR Education / Framework» sowie «Making OR MakerSpace / School OR Classroom / Competence OR Skill OR Literacy / Framework OR Assessment» hat zur Identifikation folgender relevanter Frameworks für Making-Kompetenzen geführt:

- «Maker Literacy» (Kumpulainen et al. 2020, Kontext: Schule, Schulbibliothek)
- «Maker Literacies» (Wallace et al. 2017; Kontext: Hochschule)
- «Maker Competencies» (Davidson und Price 2017; Kontext: Schule)
- «Technical Skills of Engineering» (Yusoff et al. 2012; Kontext: Hochschule, technische Studiengänge)
- «EntreComp» The Entrepreneurship Competence Framework (Bacigalupo et al. 2016)
- «DigComp: a Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe» (Punie et al. 2013)
- «Technology & Engineering Literacy Framework for the 2018 National Assessment of Educational Process» (National Assessment Governing Board, Washington 2018).

Es liegen weitere Publikationen zu Making-Kompetenzen vor (vgl. z. B. Blikstein et al. 2017; Fan 2022; Galaleldin et al. 2016; Sheffield und Koul 2021). In die Analyse wurden jedoch nur diejenigen einbezogen, in welchen sowohl konkrete fachliche als auch überfachliche Kompetenzen und Teilkompetenzen formuliert werden. Einzelne Publikationen greifen bestehende Kompetenzframeworks auf und transferieren diese auf den Making-Kontext (vgl. Rayna et al. 2021; vgl. dos Santos et al. 2019). In diesem Fall werden die Original-Frameworks analysiert.

4.2 BNE-Kompetenzframeworks

Die Literaturdurchsicht mit den Suchbegriffen «Making OR MakerSpace / BNE OR Bildung für nachhaltige Entwicklung / Kompetenz OR Skill» hat zur Identifikation folgender relevanter Frameworks für NE/BNE-Kompetenzen geführt:

- «GreenComp – der Europäische Kompetenzrahmen für Nachhaltigkeit» (Bianchi et al. 2022, Kontext: übergreifend)
- «BNE-Kompetenzen nach Education21 (2016)» (Kontext: Lehrpersonenausbildung, Volksschule)
- «Key Competencies in Sustainability in Higher Education» (Giangrande et al. 2019, Kontext: Hochschule)

- «Rounder Sense of Purpose – Educator competences in learning for sustainability» (RSP-Partnership 2019, Kontext: Hochschule; u.a. Lehrpersonenausbildung)
- Nachhaltigkeitskompetenzen (Rieckmann 2021, Kontext: Schule, Lehrpersonenausbildung)
- «Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung» (KMK und BMZ 2016, Kontext: Schule, Lehrpersonenausbildung)

Weitere NE und BNE-Kompetenz-Frameworks, die bereits in den ausgewählten Frameworks verarbeitet wurden (z. B. Wiek et al. 2011; Brundiers et al. 2021), werden nicht in die Analyse einbezogen.

4.3 Scoping-Review zum Themenfeld Making, Inklusion und Nachhaltigkeit

Um die potenziellen Schnittfelder zwischen schulischem Making und dem Konzept der Nachhaltigkeit bzw. Bildung für nachhaltige Entwicklung zu ermitteln, wurde im initialen Stadium der Entwicklung des Making-Kompetenzmodells ein Scoping-Review durchgeführt. Dieser Review, dokumentiert in Bosse, Maurer und Schluchter (2024), bietet einen umfassenden Überblick über relevante Literatur und Studien (n = 126), die zwischen 2012 und 2022 publiziert wurden und die Schnittstellen von Making, Inklusion und Nachhaltigkeit explorieren. Insbesondere im Kontext der Verknüpfung von Nachhaltigkeit und Making wurden, basierend auf der analysierten Literatur, spezifische Dimensionen identifiziert (ebd., 167f.).

- A. Nachhaltige Verwendung von Materialien und Produkten (Recycling und Upcycling, Repair-Projekte, ...)
- B. Nachhaltige Gestaltung von Produktionsprozessen (beim Making; z. B. Energieverbrauch, Teilhabe von Menschen mit unterschiedlichen Fähigkeiten durch niederschwellige Zugänge ermöglichen,...)
- C. Lokale Produktion sowie neue Liefer- und Beschaffungswege/-ketten
- D. Bewusstseinsbildung aus der Perspektive der Nachhaltigkeit

Ein zentraler Befund des Scoping-Reviews ist ferner die Feststellung, dass bislang nur eine geringe Anzahl an Studien speziell der Frage nachgeht, wie Making-Prozesse nicht nur ein Bewusstsein für nachhaltiges Verhalten, sondern auch den Erwerb komplexerer BNE-Fähigkeiten fördern, die essenziell sind, um Schüler:innen die Mitgestaltung einer nachhaltigen Zukunft im umfassenden Sinne zu ermöglichen. In diesem Kontext besteht ein deutlicher Bedarf an grundlegender Forschungsarbeit. Das Projekt «Making Packages für kompetenzorientiertes Lernen» trägt zur Schliessung dieses Desiderat bei.

5. Analysekriterien und Analyseschritte

5.1 Analysekriterien und Analyseschritte der *Maker Education Frameworks*

Die Analysen haben einen inhaltlichen und einen strukturellen Fokus. Die inhaltliche Analyse bezieht sich auf sämtliche im untersuchten Framework enthaltenen Kompetenzen.¹ Dabei sollen relevante Kompetenzen identifiziert werden, die entweder bereits in *MakeCompBeta* enthalten sind (und somit die initiale Version stützen) oder die mit dem Blick auf die Weiterentwicklung zu *MakeComp4School* ergänzt werden könnten. Die strukturelle Analyse widmet sich der Gesamtkonfiguration des jeweiligen Kompetenzframeworks, indem sie dessen konzeptionellen Aufbau sowie die zugrundeliegenden Strukturdimensionen betrachtet. Gegebenenfalls lassen sich auf diese Weise Gründe ermitteln, die dafür sprechen, die Ausgangsstruktur von *MakeCompBeta* anzupassen oder zugunsten einer geeigneteren Struktur aufzugeben. Während des Analyseprozesses wird *MakeCompBeta* schrittweise und in einem iterativen Verfahren weiterentwickelt. Die Endfassung wird als *MakeComp4School* bezeichnet.

5.1.1 Analyseschritt 1

Vor der Analyse werden alle Kompetenzen eines Frameworks mit einem Code versehen, sodass nachvollzogen werden kann, welche davon in *MakeCompBeta* übertragen und welchem der vier Kompetenzbereiche (Personal, Sozial, Methoden und Fach) sie zuzuordnen sind. Auch die Kompetenzen in *MakeCompBeta* erhalten einen Code, sodass auch in den Analyserastern bei der jeweiligen Kompetenz die Zuordnung zu *MakeCompBeta* markiert werden kann. Im ersten Analyseschritt erfolgt eine Einschätzung der jeweiligen Kompetenzen in Bezug auf ihre Bedeutung im Umfeld der Volksschule (Schwerpunkt Zyklus 2, entspricht den Klassenstufen 4–6). Diese Kategorisierung basiert auf den Anforderungen und Bildungszielen der Volksschule (Lehrplan21) sowie auf den spezifischen Bedürfnissen der Zielstufen und auf dem angenommenen Lebensweltbezug für die Schüler:innen.

5.1.2 Analyseschritt 2

Im zweiten Analyseschritt erfolgt eine tiefere Analyse der zuvor als «relevant» eingestuft Kompetenzen, um deren Verbindung und Übereinstimmung mit den Prinzipien und Anliegen der *Maker Education* zu bewerten. Diese Untersuchung orientiert sich am Verständnis von *Making*, welches kreatives, praktisches und

¹ Wenn im Folgenden von Kompetenzen die Rede ist, sind immer auch die Teilelemente wie Wissensbestände, Fertigkeiten und Haltungen sowie die Teilkompetenzen gemeint, die letztlich eine Kompetenz ausmachen.

problemlösungsorientiertes Konstruieren beziehungsweise Gestalten in den Vordergrund stellt. Es wird überprüft, inwiefern die relevanten Kompetenzen Bezüge zur Maker Education haben.

Ideenentwicklung und Problemlösung (passion, participate)	Fehlerkultur, Offenheit für Unbekanntes, Neues Lernen (learn)	Kommunikation/ Inspiration/ Unterstützung/ Teilen (give, share, peers, support)	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten (make, create)	Technologieanwendung und -nutzung (tool up)	Iterative Produktentwicklung (create, change)
Eigene Ideen entwickeln, Ideen für ganz bestimmte Probleme generieren, Kreativ sein	Spielerisches Herantasten, Fehler machen und aus Fehlern lernen	Ideen kommunizieren; Wissen und Erfahrung weitergeben; voneinander lernen; Gegenseitige Inspiration	Objekte herstellen, designen, gestalten, konstruieren; entsprechende handwerkliche Fähigkeiten	Technologie verstehen, bedienen können, nutzen, Probleme beheben; sinnvoll und verantwortungsvoll verwenden	Produkte im Zyklus von Recherche, Ideation, Prototyping, Feedback/ Testing schrittweise weiterentwickeln

Tab. 6: Analysekriterien für Making-Kompetenz-Frameworks.

5.1.3 Analyseschritt 3

Im dritten Schritt werden relevante Kompetenzen mit mindestens einem Bezug zur Maker Education den vier Kompetenzbereichen von MakeCompBeta zugeordnet.

1 Personale Kompetenzen	2 Soziale Kompetenzen	3 Methodenkompetenzen	4 Fachkompetenzen
1.1 Eigenständigkeit	2.1 Zusammenarbeit	3.1 Problemanalyse/ Problemverstehen	4.1 Anwendung von Werkzeugen/ Maschinen
1.2 Offenheit/Risikobereitschaft	2.2 Hilfsbereitschaft/ Gemeinwohlorientierung	3.2 Kreative Denk- und Problemlösefähigkeit	4.2 Handwerk/ Material
1.3 Selbstregulation/ Selbstreflexion	2.3 Unterstützung	3.3 Recherche- und Informationskompetenz	4.3 Technik
1.4 Flexibilität/ Improvisation	2.4 Wertschätzung/ Fehlerkultur	3.4 Produktentwicklungskompetenz	4.4 Gestaltung/Design

1 Personale Kompetenzen	2 Soziale Kompetenzen	3 Methodenkompetenzen	4 Fachkompetenzen
1.5 Überzeugungskraft/ Argumentation			4.5 Informatische Kompetenzen
1.6 Verantwortung/ Haltung			4.6 Medienkompetenzen

Tab. 7: Kompetenzbereiche von MakeCompBeta.

Syntheseschritt 1: Iterative Formulierung von Kompetenzindikatoren

Nach abgeschlossener Analyse der Making-Kompetenz-Frameworks und nach Zuordnung der Kompetenzen zu den Kompetenzbereichen in MakeCompBeta beginnt die Bestimmung und Formulierung von geeigneten Kompetenzindikatoren. Dabei wird zum einen auf die in MakeCompBeta enthaltenen Formulierungen zurückgegriffen, zum anderen fließen die zugeordneten Kompetenzen der analysierten Frameworks in den Formulierungsprozess ein. Im Bemühen um einen einheitlichen Operationalisierungsgrad wird versucht, pro Kompetenzbereich sechs Indikatoren zu bestimmen. Dieser Bestimmungsprozess erfolgt auf iterative Weise, d. h. es werden Formulierungen im MakeCompBeta mehrmals angepasst und in mehreren Durchgängen mit den Originalframeworks und den dortigen Formulierungen abgeglichen. Falls sich herausstellt, dass bestimmte relevante Kompetenzen nicht in die bestehende Struktur von MakeCompBeta passen, wird dies als Anlass genutzt, die bisherige Struktur zu überdenken und weiterzuentwickeln. Die Formulierung der Kompetenzen, die im MakeCompBeta bisher fehlen (es sind bislang nur Kompetenzbereiche benannt), erfolgt nach Abschluss der Integration der BNE-Bezüge im finalen Schritt.

Analysekriterien und Analyseschritte der BNE-Kompetenzframeworks

Das Projekt «Making-Packages für kompetenzorientiertes Lernen» verfolgt nicht den Anspruch, sämtliche Dimensionen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) systematisch abzudecken. Vielmehr zielt es darauf ab, dort die Verbindung zwischen schulischem Making und dem Erwerb von BNE-Kompetenzen herzustellen, wo dies thematisch angebracht ist. Lehrpersonen und Schüler:innen sollen dadurch die Möglichkeit erhalten, bei der Auswahl von Making-Lernaktivitäten gezielt einen Fokus auf BNE zu legen. Nachdem die Making-Kompetenz-Framework-Analyse in die Weiterentwicklung eingeflossen ist, werden vor diesem Hintergrund die ausgewählten BNE-Kompetenz-Frameworks dahingehend analysiert, inwiefern die einzelnen BNE-Kompetenzen inhaltliche Bezüge zu den bereits im MakeCompBeta enthaltenen Kompetenzen aufweisen.

5.1.4 Analyseschritt 4

Hierfür werden zunächst alle BNE-Kompetenzen in den Frameworks mit einem Code versehen. Die Codes anschlussfähiger BNE-Kompetenzen werden im MakeCompBeta an der jeweils passenden Stelle integriert. Die Passung oder Nicht-Passung der BNE-Kompetenzen wird zum einen an den vier Dimensionen aus dem Review orientiert:

- Kann die Kompetenz im Zusammenhang mit der Verwendung nachhaltiger Materialien oder Produkte beim Making stehen?
- Kann die Kompetenz dazu beitragen, dass Making-Produktionsprozesse nachhaltiger gestaltet werden?
- Kann die Kompetenz dazu beitragen, dass Schüler:innen sich für Projekte entscheiden, die einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten könnten?
- Hat die Kompetenz Bezüge zum Maker Mindset, zu einer innovations- und kreativitätsfördernden Kultur?
- Entspricht die Kompetenz inhaltlich den bereits formulierten Kompetenzen in MakeCompBeta?

Auch umgekehrt werden die Bezüge von MakeCompBeta (Codes) in die BNE-Frameworks eingetragen. Dieser Schritt stellt die Überprüfung dar, inwieweit die bisher modellierten Making-Kompetenzen bereits Nachhaltigkeitsbezüge aufweisen.

Ergänzend hierzu erfolgt ein weiterer Schritt, der sicherstellen soll, dass zentrale Anliegen einer BNE Bestandteil von *MakeComp4School* werden. Eine vergleichende Analyse der ausgewählten BNE-Kompetenzframeworks identifiziert Kompetenzdimensionen, die in allen Frameworks enthalten und somit als relevant zu bewerten sind. Diese werden anschliessend auf die Anliegen der Maker Education spezifiziert und – sofern möglich – in die bestehenden Kompetenzbereiche von MakeCompBeta aufgenommen. Falls dies nicht möglich ist, wird ein eigener Kompetenzbereich «Nachhaltigkeit» modelliert, in welchem die making-kompatiblen BNE-Kompetenzen Platz finden.

5.2 *Making-Kompetenzen bezogen auf den Lehrplan21*

Der letzte Entwicklungsschritt hat die Anschlussfähigkeit der Making-Kompetenzen an die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen im Lehrplan21 der Schweizer Volksschule zum Gegenstand. Dieser Schritt ist erforderlich, um Lehrpersonen zu verdeutlichen, welchen Beitrag die jeweilige Making-Aktivität zum schulischen Bildungsauftrag leistet. In der Analyse werden nur die Bezüge der Making-Kompetenzen, nicht die der aggregierten Indikatoren im Detail analysiert und ausgewiesen.

Eine derartige Engmaschigkeit wäre für den Verwendungszweck im Projekt «Making Packages für kompetenzorientiertes Lernen» nicht zielführend und würde die Lehrpersonen bei der Auswahl überfordern.

6. Analyse der Making-Kompetenz-Frameworks

Im Folgenden werden die ausgewählten Making-Kompetenz-Frameworks vorgestellt und analysiert. Die Detailanalyse befinden sich im Anhang 2.

6.1 *Maker Literacy (Kumpulainen et al. 2020)*

Der Kompetenzrahmen «Maker Literacy» von Kumpulainen et al. 2020 ist in Finnland entstanden und wurde speziell auf den Kontext Schule und auf die Lernumgebung MakerSpace zugeschnitten. Es werden Wissen, Fähigkeiten und Haltungen adressiert, die erforderlich sind, «... to be able to participate in a complex and increasingly digitalized society» (Kumpulainen et al. 2020, 1). Der Fokus liegt daher auf digitalen Kompetenzen, die für die Produktion von medialen Artefakten bzw. Medien-Texten (im Sinne einer handlungsorientierten Medienarbeit) benötigt werden. Vor dem Hintergrund eines erweiterten Textbegriffs werden auch die Kulturtechniken Lesen und Schreiben weit gefasst. «Here, reading and writing are understood in their broadest terms involving accessing, using, analyzing, producing, and disseminating various «texts»» (Kumpulainen et al. 2020, 3). Die Bezeichnung «Maker Literacies» steht hier für eine Gesamtheit von Praktiken der Erstellung von Artefakten und Texten, die auf eine intrinsisch motivierte, tüftelnde und spielerische Weise (vgl. Wohlwend et al. 2018) vollzogen werden kann. Maker Literacies sind interdisziplinär angelegt und überwinden die Grenzen zwischen Lesen, Wissenschaft, Kunst, Mathematik und Technologie (vgl. Kumpulainen et al. 2020, 3). Der Kompetenzrahmen der Maker Literacy orientiert sich an Greens (1988) Dreidimensionenmodell von Literacy, das sich aus operationalen, kulturellen und kritischen Literacy-Dimensionen zusammensetzt. In ihrer Untersuchung arbeiten sie heraus, dass beim Making nicht notwendigerweise Kompetenzen aus dem Bereich der «Critical Dimension» erworben werden. Hierfür seien spezifische pädagogische Interventionen erforderlich.

Operationale Dimension	Digitale Werkzeuge kennen, anwenden, damit experimentieren, zweckorientiert einsetzen, technische Probleme mit digitalen Werkzeugen lösen, digitale Fertigkeiten erweitern
Kulturelle Dimension	Mit digitalen Medien kommunizieren, zusammenarbeiten, vernetzen, adressatengerechte mediale Kommunikation, kreative Gestaltung, Programmierung, interkulturelles Bewusstsein, urheberrechtlich korrektes Handeln
Kritische Dimension	Informationen und Technologien kritisch beurteilen, Absichten von Produzent:innen reflektieren, Macht- und Herrschaftsverhältnisse, Diversity, Gerechtigkeit im Kontext medialer Produktion reflektieren, Schutz der digitalen Identität, Datenschutz, nachhaltige Nutzung digitaler Technologie

Tab. 8: Dimensionen der Maker Literacy (Kumpulainen et al. 2020), Vereinfachte Darstellung.

Diskussion und Würdigung

Das Kompetenzmodell von Kumpulainen et al. (2020) legt den Schwerpunkt auf digitales Making und adressiert vor allem Produkte und Artefakte, die im Kontext einer aktiven Medienarbeit im Sinne Schells (2003) entstehen. Konstruktive Aktivitäten mit digitaler Fabrikation und analogem Handwerk sind weniger im Fokus, wenngleich nicht ausgeschlossen. Blikstein et al. (2017, 153) kritisieren diese Position, indem sie argumentieren:

«While some of the new assessments for ICT digital literacies may include skills such as critical thinking and understanding the social implications of technology, they do not focus on the tasks required for the actual design and construction of technological systems».

Das Plädoyer, neben einer reinen Anwendungskompetenz auch eine kritische und eine kulturelle Dimension zu konzeptualisieren, entspricht jedoch dem Anliegen, eine mündige und verantwortungsvolle Haltung im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung einnehmen zu können. Insofern ist in diesem Framework die Verbindung zu Nachhaltigkeitsthemen eingeschrieben. Die meisten der aufgeführten Kompetenzen sind für die Volksschule relevant, wobei viele davon im Kontext des Fachs *Medien und Informatik* (MI) und nicht spezifisch in der Maker Education verortet sind.

6.2 Maker Literacies (Wallace et al. 2017)

Das Konzept der Maker Literacies von Wallace et al. (2017) wurde entwickelt, um im Universitätskontext zuverlässiger erheben zu können, ob die Ziele des Kompetenzerwerbs im Bereich Making tatsächlich erreicht werden. Wie bei Kumpulainen et al. wird der Literacy-Begriff bemüht. Im Unterschied zu Kumpulainen wird nicht auf ein

bestehendes Kompetenzmodell referenziert bzw. es wird keines adaptiert, sondern im Rahmen einer interdisziplinären Task Force ein eigenes Modell entwickelt (vgl. Wallace et al. 2017, 1).

«In preparation for this initiative, over the summer of 2016 a multi-disciplinary Maker Literacies Task Force was formed, with librarians, FabLab staff and faculty from five academic departments. The Task Force investigated and developed a draft set of assessable maker-based competencies (...) that can be mapped to existing course learning outcomes in many subjects» (Wallace et al. 2017, 1).

Das Modell umfasst elf Kompetenzdimensionen, die gleichberechtigt nebeneinanderstehen und wiederum durch mehrere, nicht hierarchisch geordnete Indikatoren konkretisiert werden, die in der Detailanalyse im Anhang 2 ausgeführt werden.

A	Der/die making-kompetente Student/in erkennt die Notwendigkeit, etwas zu erfinden, zu entwerfen, herzustellen, zu bauen, umzugestalten oder zu reparieren, um eine Idee oder Emotion auszudrücken oder ein Problem zu lösen.
B	Er/Sie kann Designmethoden anwenden.
C	Er/Sie beherrscht bewährte Zeitmanagement-Praktiken.
D	Er/Sie kann effektive Teams zusammenstellen.
E	Er/Sie kann effektive Wissensmanagement-Praktiken einsetzen.
F	Er/Sie kann mit Werkzeugen umgehen.
G	Er/Sie kann mit Materialien umgehen.
H	Er/Sie demonstriert ein Verständnis des Prozesses der Digitalen Fabrikation
I	Er/Sie ist sich vieler der ethischen, rechtlichen und sozioökonomischen Fragen im Zusammenhang mit dem Making bewusst
J	Er/Sie kann Sicherheitsmaßnahmen beachten
K	Er/Sie kann gewonnenes Wissen in die Arbeitswelt, die Gemeinschaft und reale Situationen übertragen

Tab. 9: Making Literacies (Wallace et al. 2017).

Diskussion und Würdigung

Der Kompetenzrahmen von Wallace et al. (2017) ist auf den Hochschulkontext und damit auf die Zielgruppe Studierende zugeschnitten. Daher sind einige der (Teil-)Kompetenzen für den Schulkontext zu komplex oder irrelevant. Andererseits sind explizit das Maker Mindset und die subjektive Perspektive der Maker:innen repräsentiert (Kompetenz A). Auch an andere Kompetenzen kann schulisches Making anknüpfen. Die Teamfähigkeit (Kompetenz D) wird hier zwar auf die Zusammenstellung von Teams und in diesem Sinne auf Formalismen beschränkt (klare Dokumentation,

Nutzung einer verständlichen Fachsprache), wodurch die Anforderungen der Schulpraxis nur bedingt tangiert sind, da viele Schüler:innen Teamfähigkeit in ihren Facetten zunächst erwerben müssen. Mit dem Blick auf Nachhaltigkeit erscheint die Kompetenz I interessant, da diese auch ethische Fragen im Zusammenhang mit Making beinhaltet. Bei genauer Betrachtung liegt der Fokus allerdings auf rechtlichen Aspekten im Zusammenhang mit dem geistigen Eigentum, technikethische Gesichtspunkte werden nicht explizit erwähnt, auch der Nachhaltigkeitsgedanke ist nur implizit enthalten. Der Fokus dieses Kompetenzmodells liegt auf dem Designprozess (Kompetenzen B, E) und auf dem Umgang mit Produktionswerkzeugen und -materialien (Kompetenzen F, G). Insofern lassen sich u.a. verschiedene Bezüge zur Produktentwicklungskompetenz im MakeCompBeta herstellen.

6.3 *Maker Competencies to meet 21st Century Needs (Davidson und Price 2017)*

Davidson und Price (2017) identifizieren in einer grounded-theory-basierten Studie mit Proband:innen unterschiedlichen Alters, die an mehreren ausserschulischen Making Angeboten teilgenommen haben, fünf Schlüsselthemen, die für die Bewältigung von Making-Aktivitäten zentral sind: Initiative (initiative), spielerisches Lernen (playful learning), authentische Anpassung (authentic adaptation), Interdependenz (interdependence) und übermässige Ressourcenbereitstellung (over resourcing). Aus diesen Schlüsselthemen leiten die Autor:innen sieben Making-Kompetenzen ab, die jedoch nicht weiter konkretisiert und ausdifferenziert werden.

DA1 Initiative: Teilnehmende zeigen «Initiative», wenn sie sich neuen Herausforderungen stellen und neue praktische Werkzeuge nutzen, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Sie bauen dabei auf Bekanntem auf, sind aber bereit, die Komfortzone zu verlassen.
DA2 Spielerisches Lernen: Teilnehmende zeigen «spielerisches Lernen», respektive eine verspielte Neugier.
DA3 Sie sind bereit, ihre Ideen in mehreren Iterationen zu entwickeln.
DA4 Sie sind bereit, beim Erreichen kurzfristiger Ziele ihre Fähigkeiten zu erweitern.
DA5 Authentische Anpassung: Teilnehmende passen sich an eine sich ständig verändernde Umgebung an (z. B. wechselnde Teilnehmende, unterschiedliche Verfügbarkeit von Ressourcen). In Mangelsituationen können sie Alternativen finden.
DA6 Interdependenz: Teilnehmende agieren interdependent, indem sie aktiv Zusammenarbeit anstreben und dabei statt auf Wettbewerb und Kontrolle auf gegenseitiges Vertrauen, Hilfsbereitschaft und Humor im Umgang miteinander setzen.
DA7 Grosszügige Einplanung von Ressourcen: Teilnehmende planen zusätzliche Zeit und Ressourcen ein, um Dinge ausprobieren, Fehler machen und im Rahmen der Lösungsfindung mehrere Prototypen entwickeln zu können.

Tab. 10: Maker Competencies to meet 21st Century Needs (Davidson und Price 2017).

Diskussion und Würdigung

Dieses Kompetenzmodell orientiert sich am Mindset der Maker Education und adressiert damit insbesondere Haltungen und Bereitschaften der Lernenden (z. B. Initiative oder die Anpassung an situative Gegebenheiten), die für Making Prozesse wichtig sind. Fachkompetenzen und operative Kompetenzen sind nicht explizit ausgewiesen, ebenso wenig wie Kompetenzen, die einer nachhaltigen Entwicklung zuträglich sind. Interessant ist der Zugang aus und durch die Praxis. Ohne die genannten Haltungen und Bereitschaften werden Akteur:innen in einem offenen Making Kontext kaum aktiv werden können. Da es sich in diesem Fall um einen ausserschulischen Kontext und damit um ein (kurzzeitiges?) non-formales Bildungsangebot handelt, fühlen sich die Autor:innen weniger einem (schulischen) Fachcurriculum verpflichtet als der Persönlichkeits- und Identitätsbildung. Im Bereich Maker Mindset/Growth Mindset liefert das Kompetenzmodell damit wertvolle Hinweise, auch für den Schulkontext.

6.4 Making Kompetenzen und Industrie 4.0 (Ferro dos Santos und Benneworth 2019)

Ebenfalls für den Universitätskontext und für Hochschulmakerspaces adaptiert haben Ferro dos Santos und Benneworth (2019) das Modell zur Messung von Technischen Kompetenzen für Ingenieur:innen von Yusoff et al. (2012). Das Instrument wurde in Befragungen von FabLab-User:innen verwendet. Es ist professionsspezifisch ausgerichtet und beinhaltet insbesondere auch die Perspektive und Kompetenzerwartungen von Arbeitgeber:innen in technischen Branchen. Das Modell besteht aus zehn Kompetenzdimensionen, welchen jeweils zwischen drei und fünf Teilkompetenzen/Indikatoren zugeordnet sind. Weder die Dimensionen noch die Indikatoren (ausgeführt im Anhang 2) stehen in einem erkennbaren hierarchischen Verhältnis zueinander.

1	Communication Skills (Kommunikationskompetenzen)
2	Teamwork
3	Live long Learning (lebenslanges Lernen)
4	Professionalism (entspricht thematisch eher Verantwortungsbewusstsein)
5	Problem Solving & Decision Making (Problemlösen und Entscheidungskompetenz)
6	Competency (Fähigkeit?)
7	Knowledge of Science and Engineering Practices (Kenntnis wissenschaftlicher und technischer Prinzipien)
8	Knowledge of temporary Issues (Wissen über zeitgenössische Probleme)
9	Engineering System Approach
10	Competent in a specific engineering discipline (Kompetenzen in einer spezifischen Technikdisziplin)

Tab. 11: Making Kompetenzen (Ferro dos Santos und Benneworth 2019).

Diskussion und Würdigung

Das Modell hat keinen Schulbezug, die (Teil-)Kompetenzen (Competency, Engineering Principles, Engineering System Approach, Competent in a specific engineering discipline) sind zu einem grossen Teil professionsspezifisch ausgerichtet und für den Volksschulkontext weniger relevant. Auch im Bereich Maker Mindset werden wenige Impulse gegeben (das respektvolle Feedback ausgenommen). Dagegen nimmt der Kompetenzbereich «Professionalism» explizit Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung und auf einen ökologisch und sozial verantwortungsvollen Umgang mit Technologie. Allerdings sind die Appelle allgemein gehalten und bieten kaum konkrete Hinweise für die Making-Praxis. Der Kompetenzbereich «Kommunikation» hat einen hohen Stellenwert und betont neben dem Zuhören können, auch die Fähigkeit, sich sprachlich verständlich und überzeugend auszudrücken. Der Kompetenzbereich «Life long Learning» beinhaltet nicht nur die Erkenntnis, dass Lernen ein kontinuierlicher Bestandteil des Lebens ist, sondern auch dass Lernziele selbst gesetzt werden müssen und deren Erreichung der Überprüfung bedarf. Letzteres ist auch eine wesentliche Voraussetzung für Making-Lernprozesse.

6.5 Makingkompetenzen als Mix aus Digital Skills und Entrepreneurship Skills (Rayna und Striukova)

Rayna und Striukova (2021) aus Frankreich verwenden als Grundlage für eine qualitative Studie zur Erfassung von Kompetenzen, die Besucher:innen von MakerSpaces und FabLabs erwerben, ein Raster, welches das Entrepreneurship Framework

(Bacikalupo et al. 2016) und das Digital Competence Framework for the European Schools (Punie et al. 2013) kombiniert. Für die in diesem Kontext durchzuführende Analyse werden beide Frameworks nacheinander betrachtet. Zunächst wird der Analysefokus auf das Entrepreneurship Framework gerichtet.

6.6 Analyse des Entrepreneurship Frameworks (Bacikalupo et al. 2016)

Das Entrepreneurship Framework beinhaltet 15 Kompetenzbereiche, die wiederum zwei bis drei Kompetenzen umfassen, die hier nicht als Kompetenzen formuliert sind. Die Kompetenzen stehen gleichberechtigt nebeneinander. Es ist keine Hierarchie zu konstatieren, weder zwischen den Kompetenzbereichen, noch zwischen den Kompetenzen innerhalb eines Bereichs.

Ideen und Gelegenheiten
Kreativität
Vision
Ideen bewerten
Ethisches und nachhaltiges Denken
Selbstbewusstsein und Selbstwirksamkeit
Motivation und Beharrlichkeit
Mobilisierung von Ressourcen
Finanzielle und ökonomische Kompetenz
Überzeugung Dritter
Initiativübernahme
Planung und Management
Umgang mit Ambiguität
Zusammenarbeit
Lernen durch Erfahrung

Tab. 12: Entrepreneurship-Kompetenzen (Bacikalupo et al. 2016).

Diskussion und Würdigung

Monetarisierungs- und Wertschöpfungsaspekte stehen im Kontext schulischen Makings nicht an erster Stelle. Es gibt zwar Initiativen wie Schüler:innenfirmen, die selbst entwickelte Produkte bewerben und vertreiben, um in einem realen Umfeld wirtschaftliche Kompetenzen zu erwerben (auch im Sinne einer sustainable entrepreneurship education). Der Making-Lernprozess ist jedoch in der Regel nicht

primär wirtschaftlichen Verwertungslogiken unterworfen. Statt Effizienz stehen Zugänglichkeit, Diversität, Erfahrung und kollaborative Sinnaushandlung im Vordergrund. Insofern müssten der explorative Making-Prozess und eine potenzielle Verwertung der Ergebnisse nicht zwangsläufig gekoppelt, sondern zunächst voneinander unabhängig betrachtet werden. Gleichwohl beinhaltet das Entrepreneurship Skills-Kompetenzraster eine Reihe überfachlicher Kompetenzen, die für schulisches Making hoch relevant sind. Teilweise sind die Kompetenzbereiche mit denen von MakeCompBeta kongruent. Kreativität und Zusammenarbeit decken sich, Selbstreflexion/Selbstregulation hat Parallelen mit Motivation und Beharrlichkeit. Zudem lassen sich viele Teilkompetenzen (siehe Anhang 2) direkt in das schulische Making integrieren, wobei eine Spezifizierung und Anpassung an die jeweilige Zielstufe erforderlich ist. Auffällig sind die vielen Teilkompetenzen aus unterschiedlichen Kompetenzbereichen, die sich inhaltlich mit dem Maker Mindset decken. Beispielsweise sind Initiative, ein starker Wille und Beharrlichkeit, auch wenn die Dinge nicht wie gewünscht funktionieren, wichtige personale Kompetenzen. Dem Nachhaltigkeitsaspekt wird ein eigener Kompetenzbereich gewidmet, der kritisch-reflexives und verantwortungsvolles Denken und Handeln auf gesamtgesellschaftlicher Ebene umfasst.

6.7 DigiComp for European Schools: (Punie et al. 2013)

Dieser Kompetenzrahmen ist in fünf Kompetenzbereiche (Competence Areas) aufgeteilt. Jeder Kompetenzbereich beinhaltet drei bis sechs Sub-Kompetenzen, die jeweils in sechs Kompetenzstufen (descriptors) differenziert sind und vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe reichen.

Information and Data Literacy
Communication and Collaboration
Digital Content Creation
Safety
Problem Solving

Tab. 13: Fünf Kompetenzbereiche DigCom for European Schools (2020).

Diskussion und Würdigung

Der DigiComp Kompetenzrahmen zielt auf den kompetenten Umgang mit digitalen Medien ab und hat einige Berührungspunkte mit der Maker Education. Er ist aber eher auf medienpädagogische Anliegen zugeschnitten, wie sie in der aktiven Medienarbeit erreicht werden sollen. Data Literacy ist zu einem gewissen Grad für die

Recherche im Design Thinking Prozess erforderlich. Auch die Zusammenarbeit mit und ohne digitale Medien kann in Making-Prozessen von Relevanz sein, insbesondere wenn es darum geht, die eigenen Erfahrungen und Ideen zu teilen oder Making-Prozesse medial zu dokumentieren. Das Spektrum möglicher Making-Produkte beinhaltet auch digitale oder hybride Produkte. Insofern ist digital Content Creation gleichzusetzen mit anderen Arbeitstechniken, die für die Produktentwicklung erforderlich sind. Der Kompetenzbereich Safety ist medienpädagogisch zwar sehr relevant, im Kontext der Maker Education an der Volksschule steht er jedoch – bedingt durch die Konzentration auf dreidimensionale Artefakte, die beim Making entwickelt werden – nicht im Zentrum. Das Framework eignet sich insbesondere, um die Informationskompetenzen und Medienkompetenzen zu konkretisieren und zu vervollständigen, die für Making-Lernprozesse nützlich sind.

6.8 Technology & Engineering Literacy Framework (2018)

Das «Technology and Engineering Framework» aus den USA ist ein umfassendes Bildungsprogramm, das sich speziell an Schüler:innen richtet. Es besteht aus 47 Kompetenzen, die in Indikatoren operationalisiert und in drei verschiedene Niveaus unterteilt sind, die den Klassenstufen 4, 8 und 12 entsprechen. Dies ermöglicht eine altersgerechte Entwicklung und Vertiefung der technologischen Fähigkeiten.

Technologie und Gesellschaft	Design und Systeme	Informations- und Kommunikationstechnologie
Interaktion Technologie & Mensch	Natur der Technik	Entwicklung und Austausch von Ideen und Lösungen
Einflüsse von Technologie auf die natürliche Umwelt	Engineering Design	Informationsrecherche
Einflüsse von Technologie auf Information und Wissen in der Welt	Systemisches Denken	Problemanalyse
Ethik, Gerechtigkeit und Verantwortung	Instanthaltung und Fehlerbehebung	Anerkennung von Ideen und Informationen
		Auswahl und Nutzung digitaler Tools

Tab. 14: Technology & Engineering Literacy Framework (2018).

Diskussion und Würdigung

Das Technology and Engineering Framework ist mit seinen 47 Kompetenzen umfassend. Aus Sicht einer Bildung, die eine aktive und verantwortungsvolle Technikeignung intendiert, ist der Bereich «Technologie & Gesellschaft» besonders positiv

hervorzuheben. Hier wird betont, wie wichtig die Betrachtung von Technologie hinsichtlich ihrer Wirkungen im gesellschaftlichen Kontext ist. Schüler:innen sollen nicht nur die technischen Aspekte und Funktionsweisen verstehen, sondern auch den Nutzen und die möglichen Folgen der Technologieentwicklung kritisch hinterfragen. Diese Herangehensweise zielt darauf ab, ein umfassendes Verständnis für die Rolle und die Auswirkungen von Technologie in der Gesellschaft zu entwickeln. Mit den Anliegen der Maker Education sind zudem grosse Schnittmengen zu verzeichnen. Aus jedem Kompetenzbereich lässt sich mindestens eine Kompetenz in die Struktur von *MakeCompBeta* integrieren.

7. Analyse der BNE-Kompetenz-Frameworks²

Die Analyse der BNE-Kompetenzframeworks zeigt Parallelen von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Maker Education auf. Überfachliche Kompetenzen wie Kreativität, Problemlösen, Imaginations- und Kooperationsfähigkeit sind an beide Bildungskonzepte anschlussfähig. Allerdings ist ein grosser Teil der Nachhaltigkeitskompetenzen an spezifisches Fachwissen gebunden (z. B. Wissen über systemische, naturwissenschaftliche Zusammenhänge, über Kippunkte und Reboundeffekte oder über Partikularinteressen von gesellschaftlichen Akteur:innen aus Wirtschaft, Politik, NGOs etc.). Dieses Hintergrundwissen ist notwendig, um beispielsweise kompetent beurteilen zu können, ob die Nutzung einer speziellen Technologie der Nachhaltigkeit dient (im Sinne der Effizienz), oder zu nicht nachhaltigen Entwicklungen führt. Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass schulisches Making nicht automatisch zur Entwicklung von Nachhaltigkeitskompetenzen in einer Breite führt, wie sie in den BNE-Kompetenzframeworks aufgeschlüsselt wird, sondern dass es hierfür gezielte pädagogische Impulse braucht. Um im Kompetenzrahmen *MakeComp4School* zumindest die Kernkompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung abzubilden, wird ergänzend zur Analyse und Zuordnung der Einzelkompetenzen (und Teilkompetenzen) eine vergleichende Analyse der Nachhaltigkeitskompetenzframeworks vorgenommen, und dabei werden Schnittfelder identifiziert.

Neben den bereits benannten Schnittbereichen von Maker Education und BNE (Kreativität, Problemlösen und Kollaboration) lassen sich in den BNE-Kompetenz-Frameworks weitere Kompetenzbereiche identifizieren, die einen stärker inhaltlichen Bezug zur nachhaltigen Entwicklung haben. In der nachfolgenden tabellarischen Übersicht werden fünf Kompetenzbereiche umrissen, die in allen Frameworks eine Rolle spielen. Die zugeordneten Codes zeigen auf, um welche Teilkompetenzen es sich jeweils handelt (s. Detailanalysen im Anhang).

² Die Detailanalysen der BNE-Kompetenz-Frameworks sind nicht Teil dieses Artikels. Die einzelnen kodierten Kompetenzen, Teilkompetenzen und Indikatoren der Frameworks sind im Anhang 3 einsehbar, ebenso wie deren Zuordnung zu den Kompetenzbereichen von *MakeComp4School* in Anhang 1.

Rieckmann (2021)	RSP (2019)	Giangrande et al. (2019)	KMK und BMZ (2016)	GreenComp (2022)	Education21
A Hintergrundwissen über Nachhaltigkeit					
RI1, RI2, RI3, RI4	RS1, RS2, RS4, RS5, RS17, RS31	GG20, GG21, GG22, GG23	KMK1, KMK2, KMK3, KMK8	BI3, BI4, BI6	ED1, ED3, ED5, ED6, ED12
<p>Die Lernenden entwickeln ein Verständnis für den Begriff der Nachhaltigkeit, kennen zentrale Nachhaltigkeitsherausforderungen und Ziele (z. B. SDGs) und deren Dringlichkeit. Sie verfügen über systemisches Wissen über lokale/globale Zusammenhänge, beispielsweise über den Klimawandel oder die Ursachen sozialer Schief lagen im Zusammenhang mit der Ausbeutung von natürlichen und humanen Ressourcen in Entwicklungsländern. Sie sind sich bewusst, dass Entwicklung, Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Technologie mit Ressourcenverbrauch verbunden sind, sie je nach Verwendung aber auch dazu beitragen können, Ressourcen einzusparen (z. B. «intelligente» Steuerungstechnologie).</p>					
B Verständnis von Nachhaltigkeit als Aushandlungsprozess von Werten					
RI10, RI11, RI13, RI14, RI15, RI16, RI17, RI20	RS3, RS4, RS5, RS7, RS9, RS17, RS28, RS29, RS30, RS35	GG4, GG9, GG10, GG11, GG12, GG13, GG14, GG19, GG30, GG31, GG32, GG33	KMK5, KMK6, KMK7, KMK9	BI1, BI2, BI3, BI11	ED10, ED11, ED13, ED17, ED18, ED19
<p>Die Lernenden erkennen, dass Nachhaltigkeit keine absolute Größe ist und dass in der Gesellschaft Auffassungen von Nachhaltigkeit diskutiert werden, die einander teilweise widersprechen (z. B. starke Nachhaltigkeit, schwache Nachhaltigkeit, sensitive Nachhaltigkeit, Techniksolutionismus vs. soziale Nachhaltigkeit und Suffizienz). Die Schüler:innen entwickeln ein Bewusstsein und Verständnis für unterschiedliche Perspektiven und Wertevorstellungen im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit. Sie nehmen eine eigene Positionierung ein, zeigen sich aber dennoch empathisch und in der Zusammenarbeit mit anderen lösungsorientiert und kompromissbereit. Im schulischen Making kann sich der Aushandlungsprozess bei der Entscheidung eines Schüler:innen-Teams für ein gemeinsames Produkt zeigen, indem ein Produkt mit nachhaltigen Materialien hergestellt oder zu dem Zweck entwickelt wird, Lösungsansätze für Nachhaltigkeitsprobleme zu entwickeln. Beim Produktentwicklungsprozess kann ausgehandelt werden, inwieweit der Einsatz von energieaufwendigen Technologien (z. B. Lasercutter) gegenüber einer manuellen Herstellungsweise vertretbar ist.</p>					
C Handlungsfähigkeit und Engagement für Nachhaltigkeit					
RI12, RI17, RI24	RS6, RS18, RS25, RS26, RS27, RS32, RS33, RS34, RS35	GG35, GG36, GG37, GG38, GG39	KMK4, KMK10, KMK11	BI10, BI11, BI12	ED20
<p>Die Lernenden erkennen Möglichkeiten (und Grenzen), um selbst mehr Nachhaltigkeit zu erreichen. Neben dem eigenen Verhalten im Alltag können sie Massnahmen ergreifen, um sich für mehr Nachhaltigkeit einzusetzen und auf gesellschaftspolitischer Ebene an den Diskursen um Nachhaltigkeit auf unterschiedlichen Ebenen aktiv teilzuhaben. Beim Making können sie Nachhaltigkeitsprobleme aufgreifen und mögliche Lösungsansätze entwickeln («prototyping for future»). Ausserdem bietet Making die Chance, Produkte und Ideen einer Öffentlichkeit zu präsentieren (z. B. auch mit medialen Artefakten wie Videos) und dabei den lokalen Diskurs in der Gemeinde anzustossen.</p>					
D Kritisches Denken					
RI18, RI19	RS10, RS11, RS12, RS20, RS31, RS36,	GG24, GG25, GG26, GG28, GG29	KMK1, KMK6, KMK7	BI5	ED2, ED4
<p>Die Lernenden gehen mit Informationen zum Thema Nachhaltigkeit (und nachhaltige Entwicklung) kritisch um, prüfen deren Faktizität und sind sich bewusst, dass mediale Nachhaltigkeitskommunikation häufig Schnittmengen mit Public Relations aufweist (z. B. Greenwashing-Strategien von Unternehmen). Lernende können Informationen zu Nachhaltigkeitsfragen einordnen und beurteilen. Beim Making dient die Informationsbeschaffung in der Regel der Entwicklung von Lösungsansätzen von Problemen oder der Ideenentwicklung für mögliche Umsetzungsideen. Kritisches Denken bezieht sich beim Making aber auch auf die Frage, ob es aus der Perspektive der Nachhaltigkeit sinnvoll ist, bestimmte Technologien oder Materialien zu nutzen bzw. bestimmte Produkte überhaupt zu entwickeln.</p>					
E Imagination nachhaltige Zukünfte					
RI5, RI6, RI7, RI8, RI9	RS13, RS14, RS15	GG15, GG16, GG17, GG18, GG19		BI5, BI6, BI7, BI8	ED7, ED8
<p>Die Lernenden können Vorstellungen von einer wünschenswerten, nachhaltigen Zukunft entwickeln. Sie entwickeln die Fähigkeit, die Konsequenzen von Entscheidungen für die Zukunft abzuschätzen und mit Risiken verantwortungsbewusst umzugehen.</p>					

Tab. 15: Synopse aller analysierten BNE-Kompetenzraster.

8. Von MakeCompBeta zu MakeComp4School

Infolge der Analyse bestehender Making- und BNE-Kompetenzframeworks sowie im Zuge der Zuordnung von Teilkompetenzen und Kompetenzindikatoren wurde MakeCompBeta im Rahmen eines iterativen Prozesses sukzessive ergänzt und konkretisiert. Dabei kam es auch zu inhaltlichen und strukturellen Anpassungen.

8.1 Inhaltliche Anpassungen

Auf die personale Kompetenz «1.4 Flexibilität/Improvisation» wurde in *MakeComp4School* verzichtet, relevante Teilkompetenzen der «verwandten» Kompetenz «Offenheit (OF)» zugeordnet. Aufgrund der Mehrdimensionalität der Kompetenz «1.3 Selbstregulation/Selbstreflexion» wurde diese in Selbstreflexion (SR) umbenannt. Teilkompetenzen, die sich eher auf Selbstregulation beziehen, wurden der Methodenkompetenz «Planung und Organisation (PL)» zugeordnet. Neu aufgenommen wurde «Resilienz (RE)», um die Widerstandskraft gegenüber schwierigen Situationen beim Making besonders herauszuheben. Ebenfalls ergänzt wurde die Kompetenz «Nachhaltigkeit (NA)», um dort die eher inhaltlich ausgerichteten Nachhaltigkeitskompetenzen zu verorten.

Die sozialen Kompetenzen «2.2 Hilfsbereitschaft/Gemeinwohlorientierung» und «2.3 Unterstützung» wurden aufgrund mangelnder Trennschärfe zu einer Kompetenz «Unterstützung (US)» zusammengeführt. Ergänzt wurde die Kompetenz «Feedback (FB)», um die Bedeutung konstruktiver Rückmeldungen für den Produktentwicklungsprozess zu betonen. Die ehemalige Kompetenz «2.4 Wertschätzung/Fehlerkultur» heisst nun «Fehlerkultur und -analyse (FK)». Damit soll deutlich gemacht werden, dass sich die Gemeinschaft sich mit den Fehlern von anderen auseinandersetzt und daraus lernt.

Der Bereich der Methodenkompetenzen bleibt in seiner ursprünglichen Form erhalten, wird aber um die Kompetenz «Planung und Organisation (PL)» erweitert. In diesem Kompetenzbereich werden insbesondere Planung und Strukturierung von Making-Prozessen adressiert.

Der Bereich Fachkompetenzen wird neu strukturiert. Statt sechs Kompetenzen in MakeCompBeta sind in *MakeComp4School* nun acht Fachkompetenzen modelliert. Aufgrund der Spezifik der beim Making verwendeten Maschinen und Geräte (3D-Drucker, Lasercutter, Plotter etc.) wird nun die Kompetenz «Digitale Fabrikation (DF)» eingeführt. Die Nutzung klassischer Werkzeuge und Materialien ist in der Kompetenz «Material- und Werkzeugkunde (MW)» enthalten. Der ursprüngliche Kompetenzbereich «4.3 Technik, Mechanik, Elektrotechnik» wird einzelne Kompetenzen gegliedert und in die spezifischen Domänen «Physical Computing», «Programmieren», «Elektronik» und «Mechanik» differenziert. Der Bereich «Designkompetenz»

bleibt erhalten und die Bezeichnung «Medienkompetenzen» wird nun treffenderweise (und um den Begriff von der medienpädagogischen Perspektive abzugrenzen) in «angewandte Medienkompetenz» umbenannt.

8.2 Strukturelle Anpassungen

Zielhorizont ist die Entwicklung eines Kompetenzstrukturmodells, mit dem es gelingt, die Kompetenzkonstrukte durch die Formulierung von Teilkompetenzen/Kompetenzindikatoren zu konkretisieren. Einzelne strukturelle Schwierigkeiten von MakeCompBeta wurden bereits benannt. Sie liegen u.a. im Fehlen von Kompetenzformulierungen (nur die Kompetenzbereiche sind benannt) und in der variierenden Anzahl sowie dem unterschiedlichen Abstraktionsgrad der Teilkompetenzen. Zudem ist unklar, in welcher Beziehung die Teilkompetenzen untereinander stehen (Cluster, Hierarchien, unabhängige Dimensionen?). Im Rahmen der Weiterentwicklung des Making-Kompetenzframeworks wurde entschieden, jede Kompetenz in sechs Teilkompetenzen bzw. Kompetenzindikatoren zu operationalisieren, und zwar so, dass im Sinne Weinerts Wissensbestände, Einstellungen und Fertigkeiten enthalten sind. Das Material für die Modellierung der Teilkompetenzen/Kompetenzindikatoren liefern die Analyse der Kompetenzframeworks und die jeweils zugeordneten, kodierten Kompetenzen. Überlegungen zur Strukturierung der Teilkompetenzen kreisten um die Modelle von Bloom (1974, Lernzieltaxonomie aktualisiert von Anderson und Krathwohl 2001), um die Differenzierung in Wissen, Können und Wollen (Weinert 2001), um das Modell von Marsh (2019) (operational, kulturell, kritisch) und um das DigComp Modell von Vuorikari et al. 2022 (foundation, intermediate, advanced und highly specialised). Bisher erwies sich allerdings keines der vier Modelle als geeignet, um die vorliegenden Teilkompetenzen über alle Making-Kompetenzen hinweg einheitlich zu strukturieren. Somit können zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Niveaus definiert werden, die eine curriculare Form der Kompetenzentwicklung nahelegen. Um *MakeComp4School* für Lehrpersonen übersichtlich zu halten, wird in der aktuellen Fassung auf eine weitere differenzierende Abstufung der Teilkompetenzen verzichtet. In den meisten Fällen nehmen die Teilkompetenzen in der Reihenfolge von 1 bis 6 jedoch an Komplexität zu.

9. *MakeComp4School* – das Framework im Überblick

In diesem Abschnitt wird das Kompetenzframework für Maker Education mit Fokus einer (Bildung für) nachhaltige(n) Entwicklung vorgestellt. Daran anschließend folgt eine Operationalisierung jeder einzelnen Kompetenz in spezifische Teilkompetenzen.

Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen
Eigeninitiative (EI)	Teamarbeit (TA)
Offenheit (OF)	Unterstützung (US)
Selbstreflexion (SR)	Feedback (FB)
Überzeugungskraft (ÜK)	Fehlerkultur und -analyse (FK)
Resilienz (RS)	
Verantwortung (VA)	
Nachhaltigkeit (NA)	
Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
Problemlösen (PL)	Digitale Fabrikation (DF)
Kreativität (KT)	Physical Computing (PC)
Produktentwicklung (PE)	Programmieren (PR)
Planung und Organisation (PO)	Elektronik (EL)
Informationskompetenz (IK)	Mechanik (ME)
	Material- und Werkzeugkunde (MW)
	Gestaltungskompetenz (GS)
	Angewandte Medienkompetenz (AM)

Tab. 16: *MakeComp4School* Kompetenzbereiche im Überblick.

Die nachfolgende Tabelle ist in die vier Kompetenzbereiche «Personale Kompetenzen», «Soziale Kompetenzen», «Methodenkompetenzen» und «Fachkompetenzen» unterteilt. Jedem Kompetenzbereich werden die entsprechenden Kompetenzformulierungen (samt Version leichter Sprache) und die Bezüge zum Lehrplan21 zugeordnet. Bei den Lehrplanbezügen werden überfachliche Kompetenzen (ÜfK) und Fachkompetenzen (FK) unterschieden. Die Teilkompetenzen und Kompetenzindikatoren können im Anhang 1 eingesehen werden.

Personale Kompetenzen			
	Kompetenz	Formulierung für Jugendliche	Bezüge zum Lehrplan21
Eigeninitiative (EI)	Die Schüler:innen werden selbst aktiv und bringen sich mit ihren eigenen Ideen und Interessen in den Making-Prozess ein.	Du bist aktiv dabei und bringst deine Ideen und Interessen in unseren Making-Prozess ein.	Üfk ³ Eigenständigkeit: Interessen und Bedürfnisse wahrnehmen und formulieren.
Offenheit (OF)	Die Schüler:innen stehen Unbekanntem offen und neugierig gegenüber und sind bereit, Neues zu lernen.	Du bist offen für Neues und bereit, dazuzulernen.	Üfk: sich in neuen, ungewohnten Situationen zurechtfinden FK: BG.2.A.2.1b BG.2.A.2.1f
Selbstreflexion (SR)	Die Schüler:innen kennen ihre Stärken und Schwächen, können ihre Lernfortschritte wahrnehmen und ihre Leistungen realistisch selbst einschätzen.	Du kennst deine Stärken und Schwächen, siehst deine Lernfortschritte und kannst deine Leistungen selbst realistisch einschätzen.	Üfk: Selbstreflexion: Eigene Ressourcen kennen und nutzen auf Stärken zurückgreifen und diese gezielt einsetzen.
Überzeugungskraft (ÜK)	Die Schüler:innen entwickeln Selbstvertrauen und können ihre Ideen anderen gegenüber mit überzeugenden Argumenten und in unterhaltsamer Form präsentieren.	Du entwickelst Selbstvertrauen und kannst deine Ideen anderen mit starken Argumenten und auf unterhaltsame Weise präsentieren.	Üfk: unterschiedliche Sachverhalte sprachlich ausdrücken und sich dabei anderen verständlich machen: Argumente zum eigenen Standpunkt verständlich und glaubwürdig vortragen FK ⁴ : D.3.D.1
Resilienz (RS)	Die Schüler:innen entwickeln Widerstandsfähigkeit und Durchhaltevermögen in schwierigen Situationen. Von Rückschritten und Misserfolgen lassen sie sich nicht entmutigen.	Du entwickelst Widerstandsfähigkeit und Durchhaltevermögen, auch wenn's mal schwierig wird. Rückschläge und Misserfolge bringen dich nicht so schnell aus der Bahn.	Üfk: Auf eine Aufgabe konzentrieren sowie ausdauernd und diszipliniert daran arbeiten: Strategien einsetzen, um eine Aufgabe auch bei Widerständen und Hindernissen zu Ende zu führen.
Verantwortung (VA)	Die Schüler:innen übernehmen Verantwortung für ihren Lernprozess und richten ihr Handeln anhand ethischer Prinzipien und gesellschaftlicher Normen aus.	Du übernimmst Verantwortung für dein Lernen und richtest dein Handeln nach ethischen Prinzipien und gesellschaftlichen Normen aus.	Üfk: Fehler analysieren und über alternative Lösungen nachdenken: Auf Lernwege zurückschauen, diese beschreiben und beurteilen.
Nachhaltigkeit (NA)	Die Schüler:innen können Making Prozesse und Produktentwicklung an Kriterien der Nachhaltigkeit ausrichten und einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten.	Du kannst Making-Prozesse und Produktentwicklung nachhaltig gestalten und so einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten.	FK: NMG.5.3 NMG.6.5 NMG.11.3 TTG.3.B.1 NT.1.3 NT.3.3 TTG.1.B.1 TTG.3.B.2
Soziale Kompetenzen			
	Kompetenz	Formulierung für Jugendliche	Bezüge zum Lehrplan21
Teamarbeit (TA)	Die Schüler:innen können im Team produktiv zusammenarbeiten und ihre Stärken und Ressourcen sinnvoll einsetzen.	Du kannst gut im Team arbeiten und deine Stärken und Ressourcen sinnvoll einbringen.	Üfk: Dialog- und Kooperationsfähigkeit: Konfliktfähigkeit, Umgang mit Vielfalt. FK: MI.1.4 D.1.C.1 D.3.C.1

3 Üfk ist die Abkürzung für «überfachliche Kompetenzen», wie sie im Lehrplan 21 ausgewiesen sind.

4 FK ist die Abkürzung für «Fachkompetenzen». Die alphanumerischen Codes entsprechen der jeweiligen Bezeichnung im Lehrplan21 der Schweizer Volksschule.

Unterstützung (US)	Die Schüler:innen können sich in Making-Prozessen gegenseitig unterstützen und inspirieren.	Du kannst andere beim Making unterstützen und inspirieren.	Nicht explizit im LP21 erwähnt.
Feedback (FB)	Die Schüler:innen können sich auf wertschätzende Weise Feedback geben, Feedback annehmen und es in Making-Projekten nutzen.	Du kannst konstruktives Feedback geben und annehmen, um es in Making-Projekten zu nutzen.	ÜfK: Kritik annehmen und die eigene Position hinterfragen: Kritik angemessen, klar und anständig mitteilen und mit konstruktiven Vorschlägen verbinden. FK: ERG.5.6 ERG.5.4 MU.5.C.1
Fehlerkultur und -analyse (FK)	Die Schüler:innen können in der Lerngemeinschaft eine innovationsfreundliche Fehlerkultur pflegen und aus ihren Fehlern lernen.	Du kannst in der Lerngemeinschaft eine Kultur pflegen, in der Fehler als Chance für Innovation und Lernen gesehen werden.	
Methodenkompetenzen			
	Kompetenz	Formulierung für Jugendliche	Bezüge zum Lehrplan21
Problemlösen (PL)	Die Schüler:innen können Anforderungen und Problemstellungen in Making-Projekten verstehen und passende Lösungen entwickeln.	Du kannst die Anforderungen und Probleme in Making-Projekten verstehen und passende Lösungen dafür entwickeln.	ÜfK: Aufgaben- und Problemstellung sichten und verstehen: Bekannte Muster hinter der Aufgabe/dem Problem erkennen und daraus einen Lösungsweg ableiten. FK: TTG.2.B.1 TTG.2.A.1 MI.2.2 TTG.1.A.1
Kreativität (KT)	Die Schüler:innen können innovativ und kreativ denken und geeignete Ideen für ihre Projekte auswählen.	Du kannst kreativ und innovativ denken und die besten Ideen für deine Projekte auswählen.	ÜfK: neue Herausforderungen erkennen und kreative Lösungen entwerfen. FK: TTG.2.A.2 D.4.C.1 TTG.2.A.3
Produktentwicklung (PE)	Die Schüler:innen können ein Produkt mithilfe designorientierter Methoden (Iteration, Design Thinking) entwickeln und verbessern.	Du kannst ein Produkt entwickeln, indem du Prototypen baust, testest und sie weiterentwickelst.	ÜfK: Ziele für die Aufgaben und Problemlösungen setzen und Umsetzungsschritte planen. FK: MA.2.C.2 TTG.2.A.3 TTG.1.B.1
Planung und Organisation (PO)	Die Schüler:innen können ihren Making-Prozess eigenständig planen, strukturieren und dokumentieren.	Du kannst deinen Making-Prozess selbstständig planen, strukturieren und dokumentieren.	ÜfK: Lern- und Arbeitsprozesse planen, durchführen und reflektieren: Einen geeigneten Arbeitsplatz einrichten, das eigene Lernen organisieren, die Zeit einteilen und bei Bedarf Pausen einlegen. FK: TTG.1.B.2 TTG.2.A.3
Informationskompetenz (IK)	Die Schüler:innen können sich für ihr Making-Projekt Informationen beschaffen und deren Eignung für das eigene Vorhaben beurteilen.	Du kannst Informationen für dein Making-Projekt sammeln und bewerten, wie gut sie dafür geeignet sind.	ÜfK: Informationen suchen, bewerten, aufbereiten und präsentieren: Qualität und Bedeutung der gesammelten und strukturierten Informationen abschätzen und beurteilen. FK: MI.1.2 D.2.B.1 D.4.C.1 MI Anwendungskompetenzen.

Fachkompetenzen			
	Kompetenz	Formulierung für Jugendliche	Bezüge zum Lehrplan21
Digitale Fabrikation (DF)	Die Schüler:innen kennen die Potenziale und Gestaltungsmöglichkeiten der digitalen Fabrikation und können sie im Rahmen eigener Projekte zielführend und sinnvoll nutzen.	Du kennst die Möglichkeiten der digitalen Fabrikation und kannst sie in deinen Projekten sinnvoll und zielgerichtet nutzen.	FK: TTG.3.A.2 TTG.3.B.4 NT.1.2
Physical Computing (PC)	Die Schüler:innen kennen die Funktionsweise der digitalen Steuerungstechnologie (Sensoren, Microcontroller, Aktoren) und können sie im Rahmen von physical computing Projekten sinnvoll einsetzen.	Du verstehst, wie digitale Steuerungstechnologien wie Sensoren, Microcontroller und Aktoren funktionieren, und kannst sie in Physical-Computing-Projekten sinnvoll einsetzen.	FK: MI.2.3 MI.2.2
Programmieren (PR)	Die Schüler:innen kennen einfache Programmierumgebungen und können damit zu ihren Projekten passende Software entwickeln.	Du kennst einfache Programmierumgebungen und kannst damit Software entwickeln, die zu deinen Projekten passt.	FK: MI.2.3 MI.2.2
Elektronik (EL)	Die Schüler:innen kennen gängige Elektronikkomponenten, Schaltungen und Möglichkeiten zur Gewinnung von elektrischer Energie. Sie können die Komponenten in eigenen Projekten sinnvoll integrieren und nutzen.	Du kennst gängige Elektronikkomponenten, Schaltungen und Wege zur Erzeugung elektrischer Energie und kannst diese in deinen eigenen Projekten sinnvoll verwenden.	FK: NMG.3.2 NMG.5.2 NT.5.2 NT.5.3 NT.4.1
Mechanik (ME)	Die Schüler:innen kennen mechanische Komponenten und wichtige Anwendungsbeispiele. Sie können diese in eigenen Projekten funktionsfähig konstruieren.	Du kennst mechanische Komponenten und ihre wichtigsten Einsatzmöglichkeiten und kannst sie in deinen eigenen Projekten funktionsfähig einbauen.	FK: NMG.3.1 NMG.3.2 NT.5.1
Material- und Werkzeugkunde (MW)	Die Schüler:innen kennen Eigenschaften von verschiedenen Materialien und Werkzeugen und können sie für die Fertigung von Produkten zielführend auswählen und nutzen.	Du kennst die Eigenschaften verschiedener Materialien und Werkzeuge und kannst sie gezielt für die Herstellung von Produkten auswählen und verwenden.	FK: TTG.2.C TTG.2.D.1 TTG.2.E.1 NMG.3.3 NMG.3.4
Gestaltungskompetenz (GS)	Die Schüler:innen können Objekte unter Berücksichtigung von naturwissenschaftlichen Gesetzmässigkeiten, ästhetischen Anforderungen und Usability adressatengerecht entwickeln.	Du kannst Objekte entwickeln, die naturwissenschaftlichen Gesetzen und ästhetischen Ansprüchen entsprechen und benutzerfreundlich sind.	FK: TTG.3.A.2.c TTG.3.A.1.c
Angewandte Medienkompetenz (AM)	Die Schüler:innen können digitale Medienprodukte herstellen beziehungsweise digitale Medien für Recherche, Ideenentwicklung, Zusammenarbeit, Modellierung von Prototypen, Produktpräsentation und Prozessdokumentation kompetent nutzen.	Du kannst digitale Medienprodukte erstellen und digitale Medien für Recherche, Ideenfindung, Zusammenarbeit, Prototypenmodellierung, Produktpräsentation und Prozessdokumentation nutzen.	FK: MI.1.2 MI.1.3

Tab. 17: Übersicht auf alle Kompetenzen des Frameworks MakeComp4School.

10. Fazit

MakeComp4School stellt einen innovativen Ansatz dar, um Kompetenzen im Bereich der Maker Education für den schulischen Kontext zu identifizieren und durch spezifische Teilkompetenzen bzw. Kompetenzindikatoren greifbar zu machen. Dieses Kompetenz-Framework unterstützt Lehrpersonen dabei, gezielt Making-Aktivitäten für den Kompetenzerwerb auszuwählen und zu gewichten. Gleichzeitig dient es als Grundlage zur Bewertung von Making-Kompetenzen und ermöglicht die Sichtbarmachung von Lernprozessen sowie -fortschritten beim schulischen Making. Obwohl die sechs definierten Teilkompetenzen bzw. Kompetenzindikatoren noch keine differenzierten Hinweise zur curricularen Kompetenzentwicklung enthalten, decken sie die erforderlichen Kompetenzen ab, indem sie relevantes Wissen, Einstellungen und Fähigkeiten beschreiben. Die Bereitstellung einer zusätzlichen, vereinfachten Beschreibung der Kompetenzen soll deren Verständlichkeit für Schüler:innen erhöhen und die Integration in den Schulalltag erleichtern. Bislang wurde das *MakeComp4School*-Framework noch nicht erprobt, weshalb zu erwarten ist, dass Rückmeldungen von Lehrpersonen und Schüler:innen aus Pilotklassen zu weiteren Anpassungen führen werden.

Literatur

- Anderson, Lorin W., und David R. Krathwohl. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. London: Longman.
- Bacigalupo, Margherita, Panagiotis Kampylis, Yves Punie, und Godelieve van den Brande. 2016. «EntreComp: The Entrepreneurship Competence Framework». *JRC Publications Repository*. 6. Juni 2016. <https://doi.org/10.2791/160811>.
- Bianchi, Guia, Ulrike Pisiotis, und Marcelino Cabrera Giraldez. 2022. «GreenComp The European Sustainability Competence Framework». *JRC Publications Repository*. 12. January 2022. <https://doi.org/10.2760/13286>.
- Blikstein, Paulo, Zaza Kabayadondo, Andrew Martin, und Deborah Fields. 2017. «An Assessment Instrument of Technological Literacies in Makerspaces and FabLabs». *Journal of Engineering Education* 106 (1): 149–175. <https://doi.org/10.1002/jee.20156>.
- Bloom, Benjamin Samuel, Hrsg. 1974. «Taxonomie von Lernzielen im Kognitiven Bereich. 4. Aufl.». Weinheim: Beltz.
- Bosse, Ingo, Björn Maurer, und Jan-Rene Schluchter. 2023. «Inklusive und nachhaltige Maker Education an Schulen: Ein Scoping Review». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 155–194. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2024.01.10.X>.
- Brundiars, Katja, Matthias Barth, Gisela Cebrián, Matthew Cohen, Liliana Diaz, Sonya Doucette-Remington, Weston Dripps, et al. 2021. «Key Competencies in Sustainability in Higher Education – toward an Agreed-upon Reference Framework». *Sustainability Science* 16 (1): 13–29. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2>.

- Davidson, Ann-Louise, und David William Price. 2017. «Does Your School Have the Maker Fever? An Experiential Learning Approach to Developing Maker Competencies». *LEARNING Landscapes* 11 (1): 103–120. <https://doi.org/10.36510/learnland.v11i1.926>.
- Education21. 2016. Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Ein Verständnis von BNE und ein Beitrag zum Diskurs. Bern. https://www.education21.ch/sites/default/files/uploads/pdf-d/bne/BNE-Verstaendnis_Langversion-mit-Quellen_2016.pdf.
- Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle, GreenComp. 2022. *Der Europäische Kompetenzrahmen für Nachhaltigkeit*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://doi.org/10.2760/161792>.
- Fan, Szu-Chun. 2022. «An Importance – Performance Analysis (IPA) of Teachers’ Core Competencies for Implementing Maker Education in Primary and Secondary Schools». *International Journal of Technology and Design Education* 32 (2): 943–969. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09633-7>.
- Galaleldin, Mohamed, Francois Bouchard, Hanan Anis, und Claude Lague. 2016. «The Impact of Makerspaces on Engineering Education». *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.6481>.
- Giangrande, Naresh, Rehema M. White, May East, Ross Jackson, Tim Clarke, Michel Saloff Coste, und Gil Penha-Lopes. 2019. «A Competency Framework to Assess and Activate Education for Sustainable Development: Addressing the UN Sustainable Development Goals 4.7 Challenge». *Sustainability* (2071-1050) 11 (10): 2832. <https://doi.org/10.3390/su11102832>.
- Green, Bill. 1988. «Subject-Specific Literacy and School Learning: A Focus on Writing». *Australian Journal of Education* 32 (2): 156–179. <https://doi.org/10.1177/000494418803200203>.
- Haan, Gerhard de. 2002. «Die Kernthemen der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung». *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*.
- Hatch, Mark. 2013. *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers*. New York: McGraw Hill Professional.
- Hauff, Michael von. 2021. «Nachhaltige Entwicklung: Grundlagen und Umsetzung». In *Nachhaltige Entwicklung*. München: De Gruyter Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783110722536>.
- Kannengießer, Sigrid. 2018. «Repair Cafés: Orte Gemeinschaftlich-Konsumkritischen Handelns». In *Repair Cafés: Orte Gemeinschaftlich-Konsumkritischen Handelns*, herausgegeben von Stefan Krebs, Gabriele Schabacher, und Heike Weber, 283–302. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839438602-012>.
- Keeble, Brian R. 1988. «The Brundtland Report: «Our Common Future»». *Medicine and War*, 4, January. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>.
- Klieme, Eckhard, Katharina Maag Merki, und Johannes Hartig. 2007. «Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen». In *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*, herausgegeben von Johannes Hartig und Eckhard Klieme, 5–15. Bildungsforschung. 20; Bildung – Ideen zünden! Bonn u.a.: BMBF.

- Kultusministerkonferenz (KMK), Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). 2016. «Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung | Portal Globales Lernen». Berlin. <https://www.globaleslernen.de/de/orientierungsrahmen-lernbereich-globale-entwicklung>.
- Kumpulainen, Kristiina, Anu Kajamaa, Jasmiina Leskinen, Jenny Byman, und Jenny Renlund. 2020. «Mapping Digital Competence: Students' Maker Literacies in a School's Makerspace». *Frontiers in Education* 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00069>.
- Marsh, Jackie. 2019. «Researching the digital literacy and multimodal practices of young children: A European agenda for change». In *The Routledge Handbook of Digital Literacies in Early Childhood*. London: Routledge.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2021. *Making im Schulalltag: Konzeptionelle Grundlagen und Entwicklungsschritte*. München: kopaed. <https://doi.org/10.57668/phtg-000172>.
- Maurer, Björn, und Selina Ingold. 2023. «Making als Bildungsinnovation: Gelingensfaktoren aus Sicht der Schulentwicklung». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 56 (Making & more): 37–68. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.02.X>.
- Maurer, Björn, Stefanie Mauroux, und Lorenz Möschler. 2022. «Making im Schulalltag. Leistungsbeurteilung. Making-Kompetenzen – Beurteilungsgegenstände – Kriterien und Instrumente für die Praxis». <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15511.50080>.
- National Assessment Governing Board Washington. 2018. «Technology & Engineering Literacy Framework for the 2018 National Assessment of Educational Process». <https://www.nagb.gov/content/dam/nagb/en/documents/publications/frameworks/technology/2018-technology-framework.pdf>.
- Pufé, Iris. 2017. *Nachhaltigkeit*. Stuttgart: UTB.
- Punie, Yves, Barbara Brečko, und Anusca Ferrari. 2013. DIGCOMP: a Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. http://www.openeducationeuropa.eu/nl/elearning_papers. No. 38. 3–17.
- Rayna, Thierry, und Ludmila Striukova. 2021. «Fostering Skills for the 21st Century: The Role of Fab Labs and Makerspaces». *Technological Forecasting and Social Change* 164 (März): 120391. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120391>.
- Ryan, Jennifer O., Edward P. Clapp, Jessica Ross, und Shari Tishman. 2016. «Making, Thinking, and Understanding». In *Makeology. Makers as Learners (Volume 2)*, herausgegeben von Kylie Peppler, Erica Rosenfeld Halverson, und Yasmin B. Kafai 29–44. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315726496-3>.
- Resnick, Mitchel. 2017. *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity Through Projects, Passion, Peers, and Play*. Cambridge, London: MIT Press.
- Rieckmann, Marco. 2021. «Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden». *merz | medien + erziehung* 65 (4): 12–19. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.4.7>.
- Roth, Heinrich 1971. *Pädagogische Anthropologie*. Band 2. Hannover: Schroedel.
- RSP-Partnership. 2019. «A Rounder Sense of Purpose. Educational Competences for Sustainable Development». <https://aroundsenseofpurpose.eu/framework/themodel/>.

- Sander, Tobias, und Jan Weckwerth. 2013. «Der soziologische Kompetenzbegriff und seine Konsequenzen für eine echte Kompetenzentwicklung an Hochschulen». *Die Hochschule: Journal für Wissenschaft und Bildung* 22 (1): 173–80.
- Santos, Eduardo Ferro dos, und Paul Benneworth. 2019. «Makerspace for Skills Development in the Industry 4.0 Era». *Brazilian Journal of Operations & Production Management* 16 (2): 303–15. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a11>.
- Schell, Fred. 2003. *Aktive Medienarbeit mit Jugendlichen. Theorie und Praxis*. München: ko-paed.
- Sheffield, Rachel, und Rekha Koul. 2021. «Investigating Learning in a STEM Makerspace: India Case Study». *Journal of Physics: Conference Series* 1882 (1): 012141. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012141>.
- Sieben, Gerda. 2021. «Natürlich digital?! Warum wir eine nachhaltige Medienpädagogik brauchen». *KULTURELLE BILDUNG ONLINE*. <https://doi.org/10.25529/MEDX-YZ78>.
- Stalder, Felix. 2016. *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp.
- Vare, Paul, und William Scott. 2008. «Education for Sustainable Development: Two Sides and an Edge». *DEA Thinkpiece*. <https://eprints.glos.ac.uk/7297/>.
- Vonken, Matthias. 2011. «Kritische Anmerkungen zum Kompetenzbegriff». In *Kompetenzorientierung in der beruflichen Bildung*, herausgegeben von Monika Bethschneider, Gabriela Höhns, und Gesa Münchhausen, 21–32. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
- Vuorikari, Riina, Stefano Kluzer, und Yves Punie. 2022. *The Digital Competence Framework for Citizens. With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128415>.
- Wallace, Martin K., Gretchen Trkay, Morgan Chivers, und Katie Musick Peery. 2017. «Making Maker Literacies: Integrating Academic Library Makerspaces into the Undergraduate Curriculum». *The Higher Education Makerspaces Initiatives (HEMI) ISAM Paper* 61. <https://rc.library.uta.edu/uta-ir/handle/10106/27017>.
- Weinert, Franz E. 2001. «Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit». In *Leistungsmessungen in Schulen*, herausgegeben von Franz E. Weinert, 17–31. Weinheim: Beltz.
- Wiek, Arnim, Lauren Withycombe, und Charles L. Redman. 2011. «Key Competencies in Sustainability: A Reference Framework for Academic Program Development». *Sustainability Science* 6 (2): 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>.
- Wohlwend, Karen E., Beth A. Buchholz, und Carmen Liliana Medina. 2017. *Playful Literacies and Practices of Making in Children's Imaginaries*. London: Routledge. <https://hdl.handle.net/2022/22829>.
- Yusoff, Yuzainee Md, Mohd. Zaidi. Omar, Azami Zaharim, Azah Mohamed, und Norhamidi Muhamad. 2012. «Formulation in Evaluating the Technical Skills of Engineering Graduates». *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Universiti Kebangsaan Malaysia Teaching and Learning Congress 2011, Volume II, December 17–20 2011, Pulau Pinang MALAYSIA, 60 (October): 493–499. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.413>.

Anhang 1

MakeComp4School: Kompetenzen, Teilkompetenzen und Kompetenzindikatoren

Die aus der Analyse resultierenden Zuweisungen der Kompetenzen aus den Frameworks zu den Bereichen Maker Education und Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sind in Form des jeweiligen Codes mit **blauer** bzw. **grüner** Farbe hervorgehoben.

Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen
Eigeninitiative (EI)	Teamarbeit (TA)
Offenheit (OF)	Unterstützung (US)
Selbstreflexion (SR)	Feedback (FB)
Überzeugungskraft (ÜK)	Fehlerkultur und -analyse (FK)
Resilienz (RS)	
Verantwortung (VA)	
Nachhaltigkeit (NA)	
Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
Problemlösen (PL)	Digitale Fabrikation (DF)
Kreativität (KT)	Physical Computing (PC)
Produktentwicklung (PE)	Programmieren (PR)
Planung und Organisation (PO)	Elektronik (EL)
Informationskompetenz (IK)	Mechanik (ME)
	Material- und Werkzeugkunde (MW)
	Gestaltungskompetenz (GS)
	Angewandte Medienkompetenz (AM)

Tab. 1: MakeComp4School Kompetenzdimensionen im Überblick.

1. Personale Kompetenzen

1.1 Eigeninitiative (EI)

Die Schüler:innen werden selbst aktiv und bringen sich mit ihren eigenen Ideen und Interessen in den Making-Prozess ein.

- P-EI1: Die Schüler:innen wissen, dass es beim Making darum geht, etwas selbst herzustellen («Do it yourself-Gedanke»).
- P-EI2: Die Schüler:innen wissen, dass Making Raum für eigene Ideen, Bedürfnisse und Interessen lässt, den sie aber auch selbst ausfüllen müssen.
- P-EI3: Die Schüler:innen kennen ihre Interessen, Bedürfnisse und Wünsche und können davon eigene Making-Projekte ableiten. (WA1, BA2, BA15 | BI1)
- P-EI4: Die Schüler:innen können sich selbstständig in einer Making-Lernumgebung beschäftigen. (WA1, BA18, BA32, DA1, YU5 | GG6)
- P-EI5: Die Schüler:innen können beim Making Ideen umsetzen, die für sie von Bedeutung sind. (YU12, BA2, BA18, TE1)
- P-EI6: Die Schüler:innen zeigen Eigeninitiative bei der Weiterentwicklung von schulischen Making-Lernumgebungen, indem sie sich beispielsweise mit Vorschlägen zur Raumgestaltung, Ausstattung und Materialschaffung einbringen. (KMK11)

	Eigeninitiative (EI)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Selbstgemacht	Du verstehst, dass es beim Making darum geht, etwas selbst herzustellen.			
Eigene Ideen	Du kannst die Freiheit beim Making für dich nutzen und eigene Ideen entwickeln.			
Interessen nutzen	Du kennst deine Interessen und Bedürfnisse und kannst sie für deine Making-Projekte nutzen.			
Selbstständig arbeiten	Du kannst dich selbstständig im MakerSpace beschäftigen. Du findest selbst Projekte, die du umsetzen kannst.			
Herzensprojekte	Die Projekte, die du beim Making umsetzt, sind dir wichtig.			
Ideen einbringen	Du hast Ideen, wie man den MakerSpace weiterentwickeln könnte und bringst sie ein.			

1.2 Offenheit (OF)

Die Schüler:innen stehen Unbekanntem offen und neugierig gegenüber und sind bereit, Neues dazuzulernen.

- P-OF1: Die Schüler:innen sind Neuem gegenüber aufgeschlossen. (WA2, DA1 | RI9)
- P-OF2: Die Schüler:innen sind motiviert, neue Verfahren, Techniken, Technologien auszuprobieren und zeigen eine spielerisch-explorative Haltung. (BA5, KU2, WA3, DA2 | BI9)
- P-OF3: Die Schüler:innen sind bereit, neues Wissen bzw. neue Fähigkeiten zu erlernen, wenn dies für die Umsetzung des Projekts erforderlich ist. (DA1, DA4, YU33, BA23, KU7)
- P-OF4: Die Schüler:innen lassen sich auf unbekannte Dinge ein und nehmen das Risiko des Scheiterns in Kauf. (WA15, YU33)
- P-OF5: Die Schüler:innen können sich auf unerwartete und unsichere Situationen einstellen und flexibel reagieren. (DA5, BA35, BA38 | BI8, RI9, RI4)
- P-OF6: Die Schüler:innen können in Mangelsituationen (z. B. Materialknappheit) ad hoc alternative Lösungen finden. (DA5, BA22)

	Offenheit (OF)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Offen für Neues	Du bist offen für Neues und bereit, unbekannte Wege zu gehen.			
Neugier auf Technologie	Du probierst gerne neue Verfahren und Technologien aus, ohne davor Angst zu haben.			
Bereit zu lernen	Du bist bereit, beim Making etwas dazuzulernen, wenn du es für die Umsetzung deiner Idee nötig ist.			
Probleme meistern	Du traust dich an schwierige Probleme heran, auch wenn du noch keine Lösung weisst.			
Spontan Handeln	Du kannst auf Unerwartetes spontan reagieren und das Beste daraus machen.			
Alternative Lösungen	Wenn Material fehlt oder eine Lösung nicht funktioniert, findest du einen anderen Weg zum Ziel.			

1.3 Selbstreflexion (SR)

Die Schüler:innen kennen ihre Stärken und Schwächen, können ihre Lernfortschritte wahrnehmen und ihre Leistungen realistisch einschätzen.

- P-SR1: Die Schüler:innen kennen ihre Stärken und Schwächen und können diese bei der Planung von Making-Projekten berücksichtigen.
- P-SR2: Die Schüler:innen sind sich ihrer Emotionen, Haltungen und Einstellungen bewusst (z. B. zu Nachhaltigkeit) und können diese bei der Planung von Making-Projekten berücksichtigen. (B11, ED17, ED19, BI1, RS7, RS29, RI19, RI10, RI23, KMK5, KMK6)
- P-SR3: Die Schüler:innen erkennen im Prozess die Notwendigkeit, neue Fähigkeiten zu erlernen. (OF20, YU12)
- P-SR4: Die Schüler:innen können sich Gelerntes bewusst und Lernzuwachs sichtbar machen.
- P-SR5: Die Schüler:innen erkennen unüberwindbare Schwierigkeiten im Prozess und können sich in diesem Fall eigenverantwortlich Unterstützung holen. (BA28)
- P-SR6: Die Schüler:innen können ihre Motivation, ihr Engagement und ihre Leistungen (Erfolge und Misserfolge) in einem Making-Projekt realistisch einschätzen. (GG29)

	Selbstreflexion (SR)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Stärken und Schwächen	Du kannst deine Stärken und Schwächen bei der Planung deiner Projekte berücksichtigen.			
Nachhaltig denken	Du bist dir deiner Einstellung gegenüber «Nachhaltigkeit» bewusst und kannst sie in deiner Projektentwicklung berücksichtigen.			
Lernen und entwickeln	Du kannst erkennen, wenn dir Wissen oder Fähigkeiten fehlen, und bist bereit, dies zu ändern.			
Lernerfolge erkennen	Du kannst erkennen, was du gelernt hast, und kannst deinen Lernzuwachs dokumentieren.			
Hilfe bei Problemen	Wenn du an Grenzen stößt, kannst du dein Problem erklären und dir Unterstützung holen.			
Selbstbewusst einschätzen	Du kannst deine Motivation, dein Engagement und deine Leistungen (Erfolge und Misserfolge) beim Making realistisch einschätzen.			

1.4 Überzeugungskraft (ÜK)

Die Schüler:innen entwickeln Selbstvertrauen und können ihre Ideen anderen gegenüber mit überzeugenden Argumenten und in unterhaltsamer Form präsentieren.

P-ÜK1: Die Schüler:innen erkennen, dass sich eigene Ideen leichter umsetzen lassen, wenn man andere Personen dafür gewinnen kann.

P-ÜK2: Die Schüler:innen sind sich bewusst, dass eine gute Idee alleine nicht ausreicht und dass es genauso entscheidend ist, die Idee überzeugend zu präsentieren.

P-ÜK3: Die Schüler:innen können Ideen/Prototypen/Produkte selbstbewusst und mit Freude vor einem Publikum präsentieren. (YU3 | GG3)

P-ÜK4: Die Schüler:innen können Unzulänglichkeiten und Schwächen von Produkten in Entwicklungspotenziale umdeuten und entsprechend präsentieren.

P-ÜK5: Die Schüler:innen kennen Strategien und Methoden, wie sich Präsentationen unterhaltsam und überzeugend gestalten lassen (z. B. Storytelling, Rollenspiele, Charme, Humor, ...).

P-ÜK6: Die Schüler:innen können Ideen/Prototypen/Produkte überzeugend vor einer Öffentlichkeit präsentieren (pitchen). (BA27, BA29, TE37)

	Überzeugungskraft (ÜK)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Begeisterung wecken	Du weißt, dass es einfacher ist, Ideen umzusetzen, wenn du andere dafür begeistern kannst.			
Überzeugend präsentieren	Du bist dir bewusst, dass oft nicht nur die Idee zählt, sondern auch, wie überzeugend du sie präsentierst.			
Selbstbewusst auftreten	Du kannst deine Ideen, Prototypen oder Produkte selbstbewusst und mit Freude vor Publikum präsentieren.			
Schwächen als Potenzial	Du kannst Schwächen deiner Idee als Potenziale darstellen.			
Präsentationstricks nutzen	Du kennst Tricks für eine gute Präsentation wie z. B. Storytelling, Charme und Humor.			
Publikum überzeugen	Du kannst deine Ideen/Prototypen/Produkte vor einer Öffentlichkeit überzeugend präsentieren.			

1.5 Resilienz (RS)

Die Schüler:innen entwickeln Widerstandsfähigkeit und Durchhaltevermögen in schwierigen Situationen. Von Rückschritten und Misserfolgen lassen sie sich nicht entmutigen.

- P-RS1: Die Schüler:innen wissen, dass Neuentwicklungen in der Regel mit viel Zeit, Mühe und Rückschlägen verbunden sind. Die Schüler:innen wissen, dass Erfindungen häufig durch Zufälle und Fehler entstanden sind.
- P-RS2: Die Schüler:innen wissen, dass Fehler im Entwicklungsprozess wichtige Erkenntnisse liefern, die bei der Weiterentwicklung eines Produkts helfen.
- P-RS3: Die Schüler:innen denken positiv und haben Geduld mit sich selbst und mit ihrem Projekt. (BA19)
- P-RS4: Die Schüler:innen entwickeln Strategien, wie sie mit Enttäuschungen und Rückschlägen im Prozess umgehen können (Stress abbauen, Pause machen, etwas spielen, Unterstützung anfordern, nach Inspiration suchen, Projekt in eine andere Richtung weiterdenken, ...). (BA17 | GG4, GG8, RI22)
- P-RS5: Die Schüler:innen entwickeln ein Selbstbewusstsein, so dass sie sich nicht von skeptischen oder kritischen Stimmen im Umfeld von ihrer Idee abbringen lassen. (BA20 | RI18)
- P-RS6: Die Schüler:innen können einen Making-Prozess mit allen Hochs und Tiefs durchlaufen, ohne vorschnell aufzugeben und die Motivation zu verlieren. (BA17, BA 19, BA20 | RI22)

	Resilienz (RS)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Geduld bei Neuentwicklungen	Dir ist bewusst, dass Neuentwicklungen oft Zeit und Mühe brauchen, und dass manche Erfindungen durch Fehler entstanden sind.			
Fehler als Erkenntnisse	Du weißt, dass Fehler wichtige Erkenntnisse für die Weiterarbeit bringen.			
Positives Denken	Du kannst positiv und zuversichtlich denken und geduldig mit dir und deinem Projekt sein.			
Enttäuschungen bewältigen	Du hast Strategien, wie du mit Enttäuschungen umgehst (z. B. Pausen einlegen, Stress abbauen, Inspiration suchen).			
Ideen verteidigen	Du kannst an deiner guten Idee festhalten, auch wenn sie dir andere ausreden wollen.			
Durchhalten und Weitermachen	Du kannst einen Making-Prozess mit allen Höhen und Tiefen durchlaufen, ohne aufzugeben oder die Motivation zu verlieren.			

1.6 Verantwortung (VA)

Die Schüler:innen übernehmen Verantwortung für ihren Lernprozess und richten ihr Handeln anhand ethischer Prinzipien und gesellschaftlicher Normen aus.

- P-VA1: Die Schüler:innen kennen die Regeln im MakerSpace und halten sie verbindlich ein (z. B. Sicherheitsmassnahmen, Ordnungssystem, Umgang mit Beschädigungen, ...). (KU19, WA44, WA45, BA14, OF13, OF14, TE14)
- P-VA2: Die Schüler:innen können die Verantwortung für den eigenen Lernprozess tragen und die verfügbare Lernzeit effektiv für Making-Aktivitäten nutzen.
- P-VA3: Die Schüler:innen können mit Fragen der Privatsphäre, mit personenbezogenen Daten, mit Urheberrechten sensibel und korrekt umgehen. (OF11, WA43)
- P-VA4: Die Schüler:innen können mögliche Folgen des eigenen Handelns antizipieren und dadurch vermeiden, dass sich andere gestört fühlen oder gar geschädigt werden. (YU18 | RS24, RI18)
- P-VA5: Die Schüler:innen können Maschinen und Materialien sinnvoll einsetzen und dafür Sorge tragen, dass nicht unnötig Ressourcen verschwendet werden. (WA18, OF16 | KMK8)
- P-VA6: Die Schüler:innen können bei der Entscheidung für ein Making-Projekt dessen Sinnhaftigkeit bzw. dessen Beitrag zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung als Kriterium einbeziehen. (YU14/15/16/19/32; BA10/13; OF15/16, TE3 | BI5; GG35; RI8; RS24)

	Verantwortung (VA)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Regeln im MakerSpace	Du kannst die Regeln im MakerSpace und kannst sie befolgen (z. B. Sicherheitsmassnahmen, Ordnungssystem).			
Verantwortung im Lernprozess	Du kannst Verantwortung für deinen eigenen Lernprozess übernehmen und die Lernzeit effektiv nutzen.			
Respekt für Rechte anderer	Du kannst die Rechte anderer Personen achten und sensibel und korrekt mit Fragen der Privatsphäre, personenbezogenen Daten und Urheberrechten umgehen.			
Folgen bedenken	Du kannst vorhersehen, welche Folgen dein Handeln haben wird und vermeiden, dass andere sich gestört oder gar geschädigt fühlen.			
Ressourcen sparen	Du kannst Maschinen und Materialien sinnvoll einsetzen und Ressourcenverschwendung vermeiden.			
Gesellschaftlicher Beitrag	Du kannst mit deinen Erfindungen und Produkten einen Beitrag zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung leisten.			

1.7 Nachhaltigkeit (NA)

Die Schüler:innen können Making-Prozesse und Produktentwicklung an Kriterien der Nachhaltigkeit ausrichten und einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten.

- P-NA1: Die Schüler:innen kennen wichtige globale Nachhaltigkeitsherausforderungen beziehungsweise -Ziele (z. B. SDGs). (BA13 | RS1, RS2, RS4, RS5, RS31; GG20/21/22/23; KMK1, KMK3; BI3/4/6; ED1/3/5/6/12).
- P-NA2: Die Schüler:innen können Vorstellungen von nachhaltigen Zukünften entwickeln und daran anknüpfend Ideen für nachhaltigkeitsfördernde Produkte/Dienstleistungen generieren (und dabei neben technischen auch soziale Innovationen mitdenken). (BA7/8 | RI5, RI6; RS13, RS14; GG15/18; BI7; ED7/8/12)
- P-NA3: Die Schüler:innen sind sich bewusst, dass es unterschiedliche und sich teils widersprechende Auffassungen von Nachhaltigkeit gibt (z. B. starke und schwache Nachhaltigkeit). Sie finden in der Auseinandersetzung mit verschiedenen Nachhaltigkeitswerten und -perspektiven eine eigene Position zur Nachhaltigkeit. (RI11, RI13, RI14, RI15; RS3, RS4, RS5, RS9, RS30, RS35; 9/10/11/12/13/14/32; KMK6, KMK9; ED10/11/13/19)
- P-NA4: Die Schüler:innen können Produktentwicklungsprozesse im Sinne der Nachhaltigkeit gestalten (z. B. sorgsam mit Ressourcen und Materialien umgehen, Recycling-Materialien verwenden, Repairprojekte durchführen, Technologieeinsatz nur wo notwendig). (YU16 | ED11, TE6, TE34, OF16)
- P-NA5: Die Schüler:innen können Produkte entwickeln, die einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten und/oder ein ausgewähltes Nachhaltigkeitsproblem bearbeiten. Sie können die Produkte verwenden, um im Umfeld der Schule Diskurse über Nachhaltigkeit anzustossen. (YU32, TE5 | RI12, RI24; RS6, RS25, RS26, RS32, RS34, RS35; GG36/37/38/39; KMK10, KMK11; ED19, BI10, BI11, BI12; ED10)
- P-NA6: Die Schüler:innen können sich Informationen zu Nachhaltigkeitsfragen beschaffen, diese kritisch beurteilen (z. B. Desinformation beziehungsweise Greenwashing von Nachhaltigkeitsfakten unterscheiden) und in ihre Making-Prozesse einbeziehen. (TE38, TE39, TE40 | RI18, RS11, RS20, RS36; GG24, GG25, GG26, GG28, GG29; KMK1, KMK6, KMK7; BI5; ED1, ED4)

	Nachhaltigkeit (NA)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Planeten schützen	Du kennst wichtige Dinge, die wir tun müssen, um unseren Planeten zu schützen, wie die grossen Nachhaltigkeitsziele für eine bessere Welt (die SDGs).			
Nachhaltige Zukunft	Du kannst dir ausdenken, wie eine Welt aussieht, in der alles umweltfreundlich, gerecht und lebenswert ist. Du bist gut darin, neue Dinge zu erfinden, die der Umwelt helfen, wie Produkte oder Dienstleistungen, die nicht schädlich sind.			
Meinung bilden	Du weisst, dass nicht alle das Gleiche unter «Nachhaltigkeit» verstehen und kannst deine eigene Meinung dazu entwickeln.			
Erfindungen für Nachhaltigkeit	Wenn du etwas Neues erfindest, denkst du darüber nach, wie es der Umwelt helfen kann (z. B. Material upcyclen, Energie sparen, ...).			
Für Nachhaltigkeit sensibilisieren	Du kannst Dinge erfinden, die anderen zeigen, wie wichtig es ist, auf unseren Planeten aufzupassen.			
Kritisches Denken	Wenn du etwas über Nachhaltigkeit hörst oder liest, denkst du genau nach und prüfst, ob es wirklich stimmen kann und wichtig ist.			

2. Soziale Kompetenzen

2.1 Teamarbeit (TA)

Die Schüler:innen können im Team produktiv zusammenarbeiten und ihre Stärken und Ressourcen sinnvoll einsetzen.

- S-TA1: Die Schüler:innen erkennen das Potenzial von Teamarbeit für kreative Prozesse. (BA39, WA19, TE35)
- S-TA2: Die Schüler:innen können ihre individuellen Vorstellungen und Bedürfnisse im Team kommunizieren. (WA24, BA15, TE25 | RI23)
- S-TA3: Die Schüler:innen können sich auf ein gemeinsames Projekt einigen und bei Bedarf Konflikte bzw. Meinungsverschiedenheiten aushandeln und lösen. (BA41 | GG4, GG9, GG13, ED13, RI16, KMK9)
- S-TA4: Die Schüler:innen können Arbeiten im Team sinnvoll verteilen (z. B. orientiert an den Stärken oder am Lernbedürfnis der Beteiligten) (YU7, WA21, WA22, BA16)
- S-TA5: Die Schüler:innen können sich bei der Ideenentwicklung gegenseitig inspirieren und gemeinsam Lösungen zu entwickeln. (BA39, YU5, YU6, TE44 | RI13, RI17)
- S-TA6: Die Schüler:innen können einschätzen, in welchen Fällen Einzelarbeit bzw. Teamarbeit zielführend ist. (WA19, WA20)

	Teamarbeit (TA)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Teamarbeit schätzen	Du weißt, dass ein Team oft bessere Ideen hat als eine Person alleine.			
Ideen mitteilen	Du kannst deine Gedanken so erklären, dass deine Mitschüler:innen sie gut verstehen.			
Gemeinsame Ziele	Du kannst mit anderen besprechen und entscheiden, was ihr zusammen erreichen wollt. Wenn ihr euch nicht einig seid, findest du gute Wege, um das Problem zu lösen.			
Stärken nutzen	Du hilfst dabei, Aufgaben so zu verteilen, dass jede:r das machen kann, was er oder sie am besten kann.			
Gemeinsam Brainstormen	Du kannst mit anderen viele verschiedene Ideen sammeln, um euer Ziel zu erreichen.			
Zusammen und Alleine	Du kannst gut entscheiden, wann es besser ist, etwas alleine zu machen, und wann ihr besser im Team arbeitet.			

2.2 Unterstützung (US)

Die Schüler:innen können sich in Making-Prozessen gegenseitig unterstützen und inspirieren.

S-US1: Die Schüler:innen entwickeln eine interessierte Haltung gegenüber den Ideen und Projekten ihrer Mitschüler:innen.

S-US2: Die Schüler:innen erkennen, wenn Mitschüler:innen bei ihren Making-Projekten Unterstützung benötigen (Aufmerksamkeit, Empathie). (GG10, RS16, RI14)

S-US3: Die Schüler:innen sind bereit, Unterstützung zu geben, ihr Wissen und ihre Ideen mit anderen zu teilen. (WA47 | GG10)

S-US4: Die Schüler:innen verstehen sich nicht als Konkurrent:innen in einem Wettbewerb, sondern als Lerngemeinschaft, die das Interesse hat, alle Projekte bestmöglich zu entwickeln. (DA6, BA43 | RS28, RI13)

S-US5: Die Schüler:innen können fair, respektvoll und ermutigend miteinander umgehen. (WA18 | GG31, RI15)

S-US6: Die Schüler:innen können Unterstützung annehmen und nutzen, um das Projekt voranzubringen.

	Unterstützung (US)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Interesse zeigen	Du kannst Interesse an den Ideen deiner Mitschüler:innen zeigen und ihnen aufmerksam zuhören.			
Unterstützungsbedarf erkennen	Du bist in der Lage zu erkennen, wenn Mitschüler:innen Probleme haben und Unterstützung benötigen.			
Wissen teilen	Du weißt, wie du dein Wissen mit anderen teilen und ihnen bei Bedarf helfen kannst.			
Gemeinschaft schätzen	Du verstehst, dass ihr keine Konkurrent:innen, sondern eine Lerngemeinschaft seid, die jedes Projekt zum Erfolg führen will!			
Fairness und Ermutigung	Du kannst dich fair und respektvoll verhalten und deine Mitschüler:innen ermutigen, ihre Ideen zu verfolgen.			
Unterstützung annehmen	Du bist in der Lage, Unterstützung von anderen anzunehmen und sie gezielt für deine Projekte einzusetzen.			

2.3 Feedback (FB)

Die Schüler:innen können sich auf wertschätzende Weise Feedback geben, Feedback annehmen und in Making-Projekten nutzen.

- S-FB1: Die Schüler:innen erkennen, dass Feedback von Aussenstehenden hilfreich für die Weiterentwicklung ihrer Projekte ist.
- S-FB2: Die Schüler:innen sind bereit, ihren Mitschüler:innen konstruktives Feedback zu geben und Feedback von ihnen anzunehmen. (YU8, NA14)
- S-FB3: Die Schüler:innen können ihren Mitschüler:innen zuhören, sich in deren Projekte hineindenken und konstruktives Feedback zur Weiterentwicklung geben. (YU2 | GG12)
- S-FB4: Die Schüler:innen können Feedback verständlich und wertschätzend formulieren. (GG12)
- S-FB5: Die Schüler:innen können die Qualität eines Feedbacks und dessen Relevanz für die Weiterentwicklung des eigenen Vorhabens reflektieren.
- S-FB6: Die Schüler:innen können Feedback für die Weiterentwicklung ihres Projekts nutzen.

	Feedback (FB)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Hilfreiche Tipps	Du weißt, dass Tipps von anderen dir helfen können, deine Arbeit noch besser zu machen.			
Feedback austauschen	Du kannst gute Tipps geben und auch von anderen Tipps annehmen, um dein Produkt besser zu machen.			
Gutes würdigen, Entwicklungspotenzial aufzeigen	Du kannst dir gut überlegen, was bei den Projekten deiner Mitschüler:innen besonders gelungen ist und ihnen Tipps geben, wie es noch besser werden kann.			
Freundliches Feedback	Du kannst deine Tipps so sagen, dass sich niemand traurig oder schlecht fühlt, sondern alle verstehen, was du meinst.			
Feedback einschätzen	Du kannst gut erkennen, welche Tipps dir wirklich helfen, deine Arbeit zu verbessern.			
Feedback nutzen	Du kannst die Tipps deiner Mitschüler:innen nutzen, um deine Projekte noch spannender und besser zu machen.			

2.4 Fehlerkultur und Fehleranalyse (FK)

Die Schüler:innen können in der Lerngemeinschaft eine innovationsfreundliche Fehlerkultur pflegen und aus ihren Fehlern lernen.

- S-FK1: Die Schüler:innen wissen, dass man mehrere Versuche braucht, bis offene Probleme gelöst sind. (DA7)
- S-FK2: Die Schüler:innen wissen, dass Fehler wichtige Hinweise sind, um Probleme besser zu verstehen.
- S-FK3: Die Schüler:innen sind sich bewusst, dass sie mit ihren Fehlern einen Beitrag zur Lerngemeinschaft leisten.
- S-FL4: Die Schüler:innen können sich gegenseitig dazu ermutigen, Fehler zu machen und ihre Fehler mit der Lerngemeinschaft zu teilen. (DA1)
- S-FL5: Die Schüler:innen können ihre Fehler dokumentieren. (WA26)
- S-FL6: Die Schüler:innen können ihre Fehler und die ihrer Mitschüler:innen analysieren und Konsequenzen für den Making-Prozess ableiten. (WA15, BA44)

	Fehlerkultur und Fehleranalyse (FK)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Immer weiter probieren	Du weißt, dass es manchmal mehrere Versuche braucht, um unbekannte Probleme zu lösen.			
Aus Fehlern lernen	Dir ist bewusst, dass Fehler wichtige Hinweise geben, um Probleme besser zu verstehen.			
Fehler sind okay	Du weißt, dass Fehler ganz normal sind und du dich dafür nicht schämen musst. Sie helfen uns allen beim Lernen.			
Mut zu Fehlern	Du kannst deine Mitschüler:innen ermutigen, auch Fehler zu machen und darüber zu sprechen, damit alle davon lernen können.			
Fehler dokumentieren	Du kannst deine Fehler dokumentieren, so dass du und andere daraus lernen können.			
Fehler genau analysieren	Du kannst deine Fehler und die Fehler der anderen analysieren und überlegen, was man daraus lernen kann, um es nächstes Mal besser zu machen.			

3. Methodenkompetenzen

3.1 Problemlösen (PL)

Die Schüler:innen können Anforderungen und Problemstellungen in Making-Projekten verstehen und passende Lösungen entwickeln.

M-PL1: Die Schüler:innen wissen, dass Probleme stets mit einer gewissen Offenheit verbunden sind, dass es keine Musterlösung, sondern oftmals verschiedene Lösungen gibt. (TE21)

M-PL2a: Die Schüler:innen können Probleme (Design-Challenges) erfassen und verstehen. (WA5, YU19 | GG36)

M-PL2b: Die Schüler:innen können spezifische Anforderungen und Vorgaben bei der Entwicklung von Lösungen berücksichtigen.

M-PL3a: Die Schüler:innen können Verfahren der Problemanalyse anwenden (z. B. Debugging, Demontage, Remontage, Fehlersuche mit Strommessgerät, Internetrecherche, Daten sammeln und auswerten). (OF17, SA19, NA14, TE28, TE39, TE41, TE43)

M-PL3b: Die Schüler:innen können Ursachen von Problemen in ihren Prototypen erkennen und anderen erklären. (YU23, WA6, OF17, SA19, NA14)

M-PL4: Die Schüler:innen können ein Problem in Teilprobleme zerlegen und diese einzeln bearbeiten. (YU22, WA6 | GG36)

M-PL5: Die Schüler:innen können Probleme mit systematischen und explorativen Verfahren (Tinkering, Trial and Error) lösen. (KU5/6, YU20, SA19, TE23)

M-PL6: Die Schüler:innen können beim Problemlösen Wissen aus anderen Domänen (Unterrichtsfächern) mobilisieren und anwenden. (YU21, SA19)

	Problemlösen (PL)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Probleme sind offen	Du weißt, dass es für neue Probleme keine Musterlösung gibt.			
Probleme verstehen	Du bist in der Lage, zu verstehen, worum es bei einem Problem genau geht.			
Rahmenbedingungen berücksichtigen	Du weißt, welche Dinge wichtig sind, damit deine Lösung wirklich zum Problem passt.			
Probleme untersuchen	Du kennst Tricks, wie man Probleme untersucht, zum Beispiel indem du genau hinschaust, Dinge auseinandernimmst und wieder zusammenbaust oder im Internet dazu recherchierst.			
Fehler finden	Wenn etwas nicht klappt, kannst du genau hinschauen und herausfinden, warum es nicht funktioniert.			
Probleme zerteilen	Du kannst ein grosses Problem in kleinere Teile zerlegen und jeden Teil einzeln lösen, das macht es oft leichter.			
Alles Wissen nutzen	Du kannst alles, was du in der Schule gelernt hast, nutzen, um knifflige Probleme zu lösen.			

3.2 Kreativität (KT)

Die Schüler:innen können innovativ und kreativ denken und geeignete Ideen für ihre Projekte auswählen.

- M-KT1: Die Schüler:innen wissen, dass Kreativität eine Grundeigenschaft des Menschen (und damit trainierbar) ist.
- M-KT2: Die Schüler:innen können sich als kreative Persönlichkeit wahrnehmen und schätzen (kreatives Selbstkonzept)
- M-KT3: Die Schüler:innen können originelle Ideen und Gedanken bei sich und anderen erkennen und würdigen.
- M-KT4: Die Schüler:innen kennen Kreativitätstechniken (Hacking, Kombination von bisher getrennten Dingen, Inspirationen durch Zufall, Inspiration durch andere Projekte, künstliche Intelligenz und andere digitale Tools...) und können sie zur Ideenentwicklung nutzen. (WA3, BA6, OF19)
- M-KT5: Die Schüler:innen können ihren «inneren Zensor» bzw. perfektionistische Haltungen vorübergehend ausblenden und kurzzeitig möglichst viele originelle Ideen generieren (divergentes Denken). (ED9)
- M-KT6: Die Schüler:innen sind in der Lage, aus einer Vielzahl kreativer Ideen diejenigen auszuwählen, die am besten zu einem spezifischen Zweck oder Kontext passen (konvergentes Denken). (WA11, BA11)

	Kreativität (KT)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Kreativität ist menschlich	Du weißt, dass Kreativität etwas ist, das jeder Mensch hat und das du wie einen Muskel trainieren kannst.			
Du bist kreativ	Du bist in der Lage, dich selbst als eine kreative Person zu sehen und schätzt diese Eigenschaft bei dir.			
Ideen feiern	Du kannst originelle Ideen und Gedanken, sowohl deine eigenen als auch die von anderen, erkennen und wertschätzen.			
Kreativitätstechniken nutzen	Du weißt, wie man Methoden einsetzt, um kreativ zu sein, wie zum Beispiel Neues auszuprobieren oder Inspiration aus dem Zufall zu ziehen.			
Perfektionismus nein Danke	Du kannst für eine Weile vergessen, dass alles perfekt ist und funktionieren muss. Stattdessen kannst du ganz viele neue und einzigartige Ideen ausdenken.			
Passende Ideen finden	Du bist fähig, aus vielen kreativen Ideen diejenigen auszuwählen, die am besten zu einem bestimmten Ziel oder einem Problem passen.			

3.3 Produktentwicklung (PE)

Die Schüler:innen können ein Produkt mithilfe designorientierter Methoden entwickeln und verbessern.

- M-PE1: Die Schüler:innen wissen, dass ein Produkt in der Regel für einen bestimmten Zweck bzw. eine bestimmte Ziel-/Nutzer:innengruppe entwickelt wird.
- M-PE2: Die Schüler:innen verstehen, dass ein Designprozess iterative Phasen enthält, bis ein Produkt entsteht, das die gestellten Anforderungen erfüllt. (WA13, NA14)
- M-PE3: Die Schüler:innen verstehen, dass ein Designprozess innerhalb von Rahmenbedingungen stattfindet (z. B. Zeit, verfügbares Material, spezifische Anforderungen wie Nachhaltigkeit, Finanzierbarkeit, ...), die berücksichtigt werden müssen. (TE22, WA9/10)
- M-PE4: Die Schüler:innen sind mit verschiedenen Techniken vertraut, um die Bedürfnisse und Erwartungen der Zielgruppe für das zu entwickelnde Produkt zu identifizieren und zu verstehen. (KU8/17, WA1, BA2, WA8, WA9 | ED10, RS16, RI14, KMK5)
- M-PE5: Die Schüler:innen sind fähig, einen iterativen Designprozess zu durchlaufen, der sich durch abwechselnde Phasen von Recherche, Ideenfindung, Prototypenentwicklung und Tests auszeichnet, wobei die Prototypen kontinuierlich optimiert werden. (WA14, DA3, NA14, BA37, TE24, OF10)
- M-PE6: Die Schüler:innen besitzen die Fähigkeit, Prototypen auf Basis wichtiger Kriterien wie Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit, Stabilität, Nachhaltigkeit und Ästhetik zu bewerten und entsprechende Verbesserungen vorzunehmen. (WA16)

	Produktentwicklung (PE)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Für wen und wofür	Du weißt, dass alles, was wir bauen oder erfinden, für bestimmte Leute, Tiere, Pflanzen und einen besonderen Zweck gemacht wird.			
Immer wieder verbessern	Du verstehst, dass wir beim Erfinden und Entwickeln oft Dinge ändern und verbessern müssen, bis alles so funktioniert, wie es soll.			
Auf Vorgaben achten	Du verstehst, dass wir beim Erfinden und Entwickeln auf bestimmte Dinge achten müssen, z. B. wie viel Zeit wir haben, welche Materialien wir benutzen können und ob es umweltfreundlich und bezahlbar ist.			
Bedürfnisse herausfinden	Du kennst verschiedene Wege, um herauszufinden, was die Leute, für die du etwas erfindest oder entwickelst, brauchen und sich wünschen.			
Schrittweise vorgehen	Du kannst Schritt für Schritt vorgehen. Ideen entwickeln, ausprobieren und testen, Feedback einholen und dabei deinen Prototyp immer besser machen.			
Besser machen	Du kannst überprüfen, ob dein Produkt gut funktioniert (dem beabsichtigten Zweck dient), leicht zu benutzen ist, stabil ist, der Umwelt nicht schadet und schön aussieht. Falls nicht, kannst du es noch besser machen.			

3.4 Planung und Organisation (PO)

Die Schüler:innen können ihren Making-Prozess eigenständig planen, strukturieren und dokumentieren.

M-PO1: Die Schüler:innen können sich realistische Ziele setzen. (YU12, YU13 | GG37)

M-PO2: Die Schüler:innen können die Zielerreichung kontrollieren und sie bei Bedarf an die aktuellen Gegebenheiten anpassen. (BA19, WA10, WA16, DA7)

M-PO3: Die Schüler:innen können sich Materialien und Ressourcen beschaffen, die für die Umsetzung des jeweiligen Vorhabens benötigt werden. (BA21, WA34)

M-PO4: Die Schüler:innen sind in der Lage, die verfügbare Zeit effektiv einzuteilen und den Prozess so zu gestalten, dass Zeit für das Erlernen noch nicht vorhandener Fähigkeiten bleibt.

M-PO5: Die Schüler:innen können ein Making-Vorhaben in Teilschritte aufgliedern und eine sinnvolle Reihenfolge in der Bearbeitung der Teilschritte festlegen. (BA33)

M-PO6: Die Schüler:innen können ihren Arbeitsprozess transparent dokumentieren, so dass auch bei längeren Unterbrüchen jederzeit weitergearbeitet werden kann. (WA26, OF3)

	Planung und Organisation (PL)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Realistische Ziele	Du kannst dir Ziele setzen, die du wirklich erreichen kannst.			
Zielerreichung prüfen	Du bist in der Lage, regelmässig zu überprüfen, wie weit du mit deinen Zielen bist, und kannst sie bei Bedarf anpassen.			
Vorbereitungen treffen	Du kannst die Materialien und Ressourcen organisieren, die du für dein Projekt brauchst.			
Zeitmanagement	Du kannst so planen, dass du genug Zeit hast, um an deinem Projekt zu arbeiten und auch um neue Dinge zu lernen.			
Planung der Schritte	Du kannst dein Projekt in kleine Schritte aufteilen und dir überlegen, was du zuerst und was du danach machen willst.			
Prozess dokumentieren	Du kannst deinen Arbeitsprozess so dokumentieren, dass du auch nach Pausen nahtlos weiterarbeiten kannst.			

3.5 Informationskompetenz (IK)

Die Schüler:innen können sich für ihr Making-Projekt Informationen beschaffen und deren Eignung für das eigene Vorhaben beurteilen.

- M-IK1: Die Schüler:innen erkennen, dass Informationen nützlich sein können, um Produkte leichter, besser und schneller zu entwickeln.
- M-IK2: Die Schüler:innen kennen verschiedene Methoden der Informationsbeschaffung (z. B. Interviews mit Betroffenen, Expert:innen). (WA7 | ED1, ED4)
- M-IK3: Die Schüler:innen können Such-Strategien anwenden, um relevante Informationen für ihr jeweiliges Projekt zu erhalten. (OF1)
- M-IK4: Die Schüler:innen können recherchierte Informationen kritisch auf Authentizität und Faktizität überprüfen. (KU16, OF2, TE8 | BI5, ED4, RS11)
- M-IK5: Die Schüler:innen können Informationsquellen selbstständig auswerten und die Ergebnisse zielführend für die Produktentwicklung nutzen (z. B. Videotutorials, Anleitungen, Umfrageergebnisse).
- M-IK6: Die Schüler:innen können ihre gewonnenen Informationen strukturieren und so aufbewahren, dass sie jederzeit wieder darauf zugreifen können. (WA28, OF3)

	Informationskompetenz (IK)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Infos helfen	Du verstehst, dass Informationen uns helfen, Dinge leichter, besser und schneller zu machen.			
Infos finden	Du kennst verschiedene Wege, um Informationen zu bekommen, wie z. B. Leute fragen, die sich auskennen, oder im Internet recherchieren.			
Schlaue Suche	Du kennst Tricks, wie du schnell an relevante Informationen zu deinem Projekt kommst.			
Infos prüfen	Du kannst überprüfen, ob das, was du herausgefunden hast, auch wirklich stimmt.			
Mit Infos arbeiten	Du kannst die Informationen, die du gesammelt hast, gut nutzen, um deine Produkte noch besser zu machen.			
Infos aufbewahren	Du kannst deine Informationen so aufbewahren, dass du und andere sie leicht wiederfinden können.			

4. Fachkompetenzen

4.1 Digitale Fabrikation (DF)

Die Schüler:innen kennen die Potenziale und Gestaltungsmöglichkeiten der digitalen Fabrikation und können sie im Rahmen eigener Projekte zielführend und sinnvoll nutzen.

- F-DF1: Die Schüler:innen kennen die Gerätschaften für digitale Fabrikation im MakerSpace und wissen in Grundzügen, was man damit machen kann (z. B. Schneideplotter, LaserCutter, 3D Drucker, CNC-Maschinen etc.).
- F-DF2: Die Schüler:innen kennen Softwareanwendungen für digitales Design (2D/3D) und können damit einfache Objekte gestalten bzw. anpassen. (TE43, WA38, WA37)
- F-DF3: Die Schüler:innen kennen den Workflow der digitalen Fabrikation (Skizze, manueller Prototyp, digitale Konstruktion, Slizen/Gcode erstellen, Produktion, Nachbearbeitung) und können ihn selbstständig durchlaufen.
- F-DF4: Die Schüler:innen sind mit dem Mehrwert der digitalen Fabrikation gegenüber manuellen Fertigungsverfahren vertraut und können entscheiden, wann der Einsatz der digitalen Fabrikation sinnvoll ist (z. B. auch in Perspektive Nachhaltigkeit). (TE12)
- F-DF5: Die Schüler:innen können die Möglichkeiten der digitalen Fabrikation bei Bedarf für eigene Vorhaben nutzen und die jeweiligen Fertigungsprozesse bewusst auswählen.
- F-DF6: Die Schüler:innen kennen Plattformen für Datei-Vorlagen der digitalen Fabrikation, können diese downloaden und an die eigenen Anforderungen anpassen.

	Digitale Fabrikation (DF)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Technik kennen	Du kennst die coolen Maschinen im MakerSpace, wie den 3D-Drucker und den Laserschneider, und weißt, was man damit machen kann.			
Am Computer gestalten	Du kannst mit Programmen am Computer Prototypen entwerfen, die du dann wirklich herstellen kannst.			
Workflow durchlaufen	Du kannst ein Produkt von der Idee über die erste Skizze, das digitale Design bis zum Endprodukt mit dem Gerät (z. B. 3D-Drucker) erstellen.			
Mehrwerte erkennen	Du erkennst, wann es besonders sinnvoll ist, die Maschinen zu nutzen, anstatt alles mit der Hand zu machen.			
Möglichkeiten nutzen	Du kannst die Möglichkeiten der Maschinen für deine eigenen Ideen nutzen und entscheidest klug, wie du etwas am besten machst.			
Vorlagen verwenden	Du weißt, wo du im Internet geeignete Datei-Vorlagen findest, die du herunterladen und für deine Projekte anpassen kannst.			

4.2 *Physical Computing (PC)*

Die Schüler:innen kennen die Funktionsweise der digitalen Steuerungstechnologie (Sensoren, Microcontroller, Aktoren) und können sie im Rahmen von physical computing Projekten sinnvoll einsetzen.

F-PC1: Die Schüler:innen kennen unterschiedliche Sensorentypen und passende Einsatzbereiche im Alltag.

F-PC2: Die Schüler:innen kennen unterschiedliche Aktoren und passende Einsatzbereiche im Alltag.

F-PC3: Die Schüler:innen verstehen die Grundprinzipien der digitalen Steuerungstechnologie (Datenerhebung mittels Sensor; Verarbeitung im Microcontroller, Definition von Schwellenwerten; Ausgabe an Aktoren). Sie verstehen, welchen Mehrwert eine digitale Steuerung gegenüber einer analogen Schaltung bringt.

F-PC4: Die Schüler:innen wissen, wie das verwendete Microcontrollerboard (z. B. micro:bit, Calliope Mini) aufgebaut ist, welche Funktionen es hat und wie man zusätzliche Sensoren und Aktoren anschliesst.

F-PC5: Die Schüler:innen können digitale Steuerungstechnologie in Betrieb nehmen, Funktionsprobleme erkennen und lösen.

F-PC6: Die Schüler:innen können mit digitaler Steuerungstechnologie eigene interaktive Projekte realisieren und dabei die Vorteile der digitalen Steuerung gezielt nutzen.

	Physical Computing (PC)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Sensoren entdecken	Du kennst verschiedene Sensoren, die Dinge um uns herum messen können, wie Wärme oder Licht, und weißt, wofür wir sie im Alltag nutzen.			
Aktoren kennenlernen	Du weißt, was Aktoren sind und kennst Anwendungsbeispiele aus dem Alltag.			
Digitale Vorteile	Du verstehst, warum es vorteilhaft ist, Dinge mit Computern zu steuern, und warum das besser sein kann als mit elektrischen Schaltern.			
Microcontroller verstehen	Du weißt, was ein Microcontrollerboard ist, wie zum Beispiel ein Calliope oder micro:bit, und wie man Sensoren und Aktoren damit verbindet.			
Lauffähig machen	Du kannst eine digitale Steuerung in Betrieb nehmen, Probleme finden, wenn etwas nicht funktioniert, und diese dann lösen.			
Eigene Projekte erfinden	Du kannst digitale Steuerung nutzen, um deine eigenen interaktiven Projekte zu machen, die z. B. auf Knopfdruck oder Bewegung reagieren.			

4.3 Programmieren (PR)

Die Schüler:innen kennen einfache Programmierumgebungen und können damit zu ihren Projekten passende Software entwickeln.

- F-IN1: Die Schüler:innen kennen niederschwellige Online-Plattformen für Programmierprojekte (z. B. makecode, open roberta, scratch).
- F-IN2: Die Schüler:innen beherrschen die Grundzüge des Programmierens mit einer blockbasierten Programmiersprache (z. B. Bedingungen, Schleifen, logische Blöcke, Variablen ...). (OF12, KU11)
- F-IN3: Die Schüler:innen können für ihre Making-Projekte Software entwickeln, die spezifischen Anforderungen gerecht werden.
- F-IN4: Die Schüler:innen können selbst geschriebene Software auf Hardware übertragen und in Betrieb nehmen.
- F-IN5: Die Schüler:innen können selbst geschriebene Software unter Realitätsbedingungen testen und optimieren.
- F-IN6: Die Schüler:innen können Software auf Effizienz, Geschwindigkeit und Laufstabilität hin optimieren. Die Schüler:innen können auf der Grundlage von gesammelten und ausgewerteten Daten Entscheidungen im Prozess der Produktentwicklung treffen. (YU45, TE11, TE39)

	Programmieren (PR)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Programmieren online	Du kannst Plattformen wie Scratch, MakeCode oder Open Roberta nutzen, um deine eigenen Programme zu erstellen.			
Blockbasiert programmieren	Du bist fähig, mit Bedingungen, Schleifen, logischen Blöcken und Variablen in einem blockbasierten Programmierumfeld umzugehen.			
Software entwickeln	Du kannst Software entwickeln, die genau auf dein Making-Projekt abgestimmt ist.			
Software auf Hardware übertragen	Du bist in der Lage, deine eigene Software auf Hardware zu übertragen und sie zum Laufen zu bringen.			
Software testen und optimieren	Du kannst deine Software unter realen Bedingungen testen und Verbesserungen vornehmen.			
Programmierfähigkeiten ausbauen	Du kannst deine Programmierfähigkeiten weiterentwickeln, um die Effizienz, Geschwindigkeit und Stabilität deiner Software zu optimieren.			

4.4 Elektronik (EL)

Die Schüler:innen kennen gängige Elektronikkomponenten, Schaltungen und Möglichkeiten zur Gewinnung von elektrischer Energie. Sie können die Komponenten in eigenen Projekten sinnvoll integrieren und nutzen.

- F-EL1: Die Schüler:innen kennen Elektronikbauteile und können sie benennen (z. B. Kabel, LEDs, Lüster- und Krokodilklemmen, Platinen, Schalter, Widerstände, Spulen, Kondensatoren...).
- F-EL2: Die Schüler:innen sind mit Sicherheitsvorschriften im Umgang mit elektrischer Energie vertraut und können sie einhalten. Sie kennen die Gefahr eines Kurzschlusses und wissen, wie man Kurzschlüsse vermeidet.
- F-EL3: Die Schüler:innen können einfache Stromkreise mit Schalter und Energieumwandlern (im Falle von LEDs mit passendem Widerstand) aufbauen und funktionsfähig machen.
- F-EL4: Die Schüler:innen können Serie- und Parallelschaltungen aufbauen und deren Vor- und Nachteile nutzen.
- F-EL5: Die Schüler:innen kennen Verfahren zur Gewinnung (Solarzellen, Wind- und Wasserkraftgeneratoren) und Speicherung (Lageenergie, Akku,...) von elektrischer Energie und können sie nutzen.
- F-EL6: Die Schüler:innen können ihre Produkte mit elektronischen Bauteilen und Komponenten ausstatten und funktionsfähig halten.

	Elektronik (EL)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Bauteile kennen	Du kannst verschiedene Elektronikbauteile wie Kabel, LEDs und Schalter benennen und weißt, wofür sie sind.			
Auf Sicherheit achten	Du kennst die Sicherheitsregeln beim Umgang mit Elektrizität und achtest darauf, keine Kurzschlüsse zu verursachen.			
Stromkreise bauen	Du kannst einfache Stromkreise mit Schaltern und Lampen (LEDs) bauen und dafür sorgen, dass sie richtig funktionieren.			
Schaltungen verstehen	Du kannst Schaltungen hintereinander (Serie) und nebeneinander (Parallel) bauen und weißt, wann man was verwendet.			
Alternative Energie nutzen	Du weißt, wie man Strom aus Sonnenlicht oder Wind macht und wie man ihn in Akkus speichern kann.			
Elektronik integrieren	Du kannst deine eigenen Sachen mit elektronischen Teilen bauen und dafür sorgen, dass alles gut funktioniert.			

4.5 Mechanik (ME)

Die Schüler:innen kennen mechanische Komponenten und wichtige Anwendungsbeispiele. Sie können diese in eigenen Projekten funktionsfähig konstruieren.

- F-ME1: Die Schüler:innen kennen einfache mechanische Komponenten und Anwendungsbeispiele im Alltag (z. B. Hebel, Wippe, Übersetzungsgetriebe, Umlenkrolle, Lager, Federn, Achsen, Wellen, Ketten).
- F-ME2: Die Schüler:innen können einfache mechanische Konstruktionen anhand von Beispielprototypen selbst herstellen.
- F-ME3: Die Schüler:innen können Bewegung über mehrere Bauteile hinweg übertragen (z. B. über Riemen, Gelenke, Getriebe, Kurbelwellen).
- F-ME4: Die Schüler:innen können für verschiedene Zwecke funktionsfähige Antriebe entwickeln.
- F-ME5: Die Schüler:innen können Fehler und Probleme in mechanischen Konstruktionen erkennen und beheben (z. B. Reibung reduzieren, Bauteile präziser fertigen).
- F-ME6: Die Schüler:innen können digitale Fabrikation einsetzen, um mechanische Komponenten funktionsfähig und passgenau zu fertigen.

	Mechanik (ME)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Mechaniken kennen	Du kennst einfache mechanische Teile wie Hebel und Räder und weißt, wo sie im Alltag vorkommen.			
Mechaniken bauen	Du kannst einfache mechanische Konstruktionen bauen, die sich bewegen, indem du Beispiele nachmachst.			
Bewegung übertragen	Du kannst Bewegung von einem Teil auf ein anderes übertragen (z. B. mit Zahnrädern oder Riemen).			
Antriebe bauen	Du kannst funktionierende Antriebe für unterschiedliche Zwecke bauen (z. B. Fahrzeuge, Flugzeuge, Roboter, Maschinen).			
Mechanik optimieren	Du kannst Probleme in deinen mechanischen Konstruktionen finden (z. B. hohe Reibung) und sie beheben.			
Bauteile fertigen	Du nutzt Geräte für digitale Fabrikation verwenden, um genau passende Teile für deine Konstruktionen herzustellen.			

4.6 Material- und Werkzeugkunde (MW)

Die Schüler:innen kennen Eigenschaften von verschiedenen Materialien und Werkzeugen und können sie für die Fertigung von Produkten zielführend auswählen und nutzen.

F-MW1: Die Schüler:innen kennen Materialien und deren Eigenschaften.

F-MW2: Die Schüler:innen kennen verschiedene Werkzeuge und deren Anwendungszwecke und können sie bedienen.

F-MW3: Die Schüler:innen können Papier, Pappe, Holz, Ton, Kunststoffe und Textilien mit entsprechenden Werkzeugen verarbeiten.

F-MW4: Die Schüler:innen können geeignete Materialien/Werkzeuge für ihre Projekte auswählen (gemäss Vorgabe, Nutzer:innenanforderungen, z. B. Nachhaltigkeit). ([KU4](#), [TE19](#), [TE20](#), [T47](#); [OF18](#), [YU30](#), [WA29](#), [WA30](#), [WA33](#), [WA34](#))

F-MW5: Die Schüler:innen können Geräte und Maschinen einsatzbereit halten und kleiner Probleme im Betrieb selbst beheben ([TE31/32/33](#); [OF17](#))

F-MW6: Die Schüler:innen können bei Bedarf/in Mangelsituationen alternative Materialien/Werkzeuge finden und einsetzen. ([WA35](#), [WA31](#))

	Material- und Werkzeugkunde (MW)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Materialeigenschaften kennen	Du kennst verschiedene Materialien wie Papier, Holz und Stoff und weisst, was man damit machen kann.			
Werkzeuge nutzen	Du kennst verschiedene Werkzeuge, weisst, wofür sie da sind und wie man sie sicher benutzt.			
Materialien verarbeiten	Du kannst mit den richtigen Werkzeugen Sachen aus Papier, Holz und anderen Materialien basteln und gestalten.			
Klug auswählen	Du kannst geeignete Materialien und Werkzeuge für deine Projekte aussuchen, auch so, dass es gut für die Umwelt ist.			
Geräte in Schuss halten	Du kannst dafür sorgen, dass deine Werkzeuge und Maschinen immer gut funktionieren, und kleine Probleme selbst beheben.			
Kreativ improvisieren	Wenn mal ein Material fehlt, findest du andere Sachen, die du stattdessen benutzen kannst, um dein Projekt umzusetzen.			

4.7 Design-Kompetenz (DK)

Die Schüler:innen können Objekte unter Berücksichtigung von naturwissenschaftlichen Gesetzmässigkeiten, ästhetischen Anforderungen und Usability adressatengerecht entwickeln.

F-DK1: Die Schüler:innen kennen die Eigenschaften und die Wirkung von Materialien, Oberflächen, Formen und Farben.

F-DK2: Die Schüler:innen können stabile Konstruktionen errichten.

F-DK3: Die Schüler:innen können lösbare, feste und flexible Verbindungen herstellen.

F-DK4: Die Schüler:innen können Produkte gemäss bestimmter Spezifikationen entwickeln (z. B. Gewicht, Wasserfestigkeit, Haltbarkeit, Nachhaltigkeit, Kosten, Nutzerfreundlichkeit, Funktionalität).

F-DK5: Die Schüler:innen können spezifische Nutzeranforderungen und -bedürfnisse ermitteln und das Design des Produkts darauf ausrichten.

F-DK6: Die Schüler:innen können das Design eines Produkts testen und anhand des Feedbacks Optimierungen vornehmen.

	Design-Kompetenz (DK)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Wirkung erkennen	Du weisst, wie Materialien, Farben und Formen wirken und was man damit alles machen kann.			
Haltbarkeit erreichen	Du kannst Konstruktionen entwickeln, die nicht umfallen und stabil sind.			
Teile verbinden	Du kannst Teile so zusammenzubauen, dass sie entweder fest zusammenhalten oder wieder auseinandergenommen werden können.			
Vorgaben beachten	Du kannst Produkte so bauen, wie sie sein sollen: zum Beispiel leicht, wasserdicht, haltbar und umweltfreundlich.			
Nutzer:innen im Blick haben	Du kannst dir überlegen, was die Nutzer:innen brauchen und möchten, und machst das Produkt so, dass es gut für sie ist.			
Testen und verbessern	Du testest, was du gebaut hast, hörst zu, was andere dazu sagen, und verbesserst es dann.			

4.8 Angewandte Medienkompetenz (MK)

Die Schüler:innen können digitale Medienprodukte herstellen beziehungsweise digitale Medien für Recherche, Ideenentwicklung, Zusammenarbeit, Modellierung von Prototypen, Produktpräsentation und Prozessdokumentation kompetent nutzen.

- F-MK1: Die Schüler:innen können digitale Werkzeuge für die Zusammenarbeit nutzen (z. B. digitale Pinnwände zur Aufgabenverteilung und Projektdokumentation). (OF4/6/19, KU9/13)
- F-MK2: Die Schüler:innen können Text, digitale Audioaufnahmen, Fotos und Videos adressatengerecht produzieren und zu einem Medienprodukt montieren. (OF9, KU10/11/12)
- F-MK3: Die Schüler:innen können digitale Medien nutzen, um ihr Wissen und ihre Ideen weiterzugeben (z. B. Videotutorials oder Produktpräsentationen mit Hintergrundinfos erstellen). (OF9)
- F-MK4: Die Schüler:innen können künstliche Intelligenz zur Recherche, zur Inspiration und zur Ideenentwicklung einsetzen.
- F-MK5: Die Schüler:innen können zu ihren Projekten gezielt Recherchen im Internet durchführen und die Ergebnisse hinsichtlich Relevanz einschätzen. (OF1/2)
- F-MK6: Die Schüler:innen können rechtliche und sicherheitsbezogene Aspekte im Umgang mit digitalen Medien beachten (z. B. Datenschutz, Privatsphäre, Urheberrecht, Recht am eigenen Bild). (TE15/44/45; OF7, OF14/15; KU15)

	Angewandte Medienkompetenz (MK)	Trifft zu	Teilweise	Trifft nicht zu
Digital zusammenarbeiten	Du kannst mit anderen digital zusammenarbeiten, zum Beispiel indem ihr gemeinsam eine digitale Tafel für eure Pläne und Ideen nutzt.			
Medien gestalten	Du kannst mit digitalen Geräten Texte schreiben, Tonaufnahmen, Fotos und Videos machen und sie zu einem Produkt zusammenstellen.			
Wissen weitergeben	Du kannst digitale Medien wie Videos oder Präsentationen nutzen, um anderen zu zeigen und zu erklären, was du weisst und welche Ideen du hast.			
Künstliche Intelligenz nutzen	Du kannst künstliche Intelligenz einsetzen, um neue Ideen zu finden oder Informationen zu suchen.			
Informationen beschaffen	Du kannst im Internet nach Infos suchen, die dir wirklich weiterhelfen.			
Sicherheitsregeln beachten	Du kennst die Regeln, wie man sicher und fair im Internet umgeht, damit niemandem Probleme entstehen, zum Beispiel beim Teilen von Bildern oder Daten.			

Anhang 2

Analyse der Making-Kompetenzmodelle

1. Detailanalyse: Maker Literacy (Kumpulainen et al. 2020)

Code	Kompetenz	Relevanz Zielstufe	Ideenentwicklung Problemlösung	Fehler machen	Kommunikation/ Inspiration/	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten	Technologie-aneignung und -nutzung	Iterative Produkt-entwicklung	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen	Nachhaltigkeit	Verantwortungsübernahme/kritisches Denken
A Operational Dimension														
KU1	Verwenden digitaler Werkzeuge						X							
KU2	Spielen und Experimentieren mit digitalen Werkzeugen	P-OF2		X			X		X			(x)		
KU3	Identifizieren von digitalen Ressourcen und Werkzeugen					X	X					(x)		
KU4	Informierte Entscheidungen darüber treffen, welche digitalen Werkzeuge je nach Zweck oder Bedarf am geeignetsten sind	F-MW4				X	X							X
KU5	Probleme mithilfe digitaler Mittel lösen	M-PL5	X				X				X			
KU6	Technische Probleme lösen	M-PL5	X								X	X		
KU7	Sich in den Erwerb digitaler Fähigkeiten und zugehörigen Wissens vertiefen	P-OF3		X			X				X	X		
B Cultural Dimension														
KU8	Verwenden, Erzeugen und Verständnis digitaler Technologien und Inhalte im kulturellen Kontext (Designprozess, Empathie...)	M-PE4					X	X				X	X	
KU9	Kommunizieren und Zusammenarbeiten mit digitalen Werkzeugen und in digitalen Umgebungen	F-MK1			X		X			X		X		
KU10	Erstellen und Bearbeiten digitaler Inhalte unter Berücksichtigung des Publikums und Integration sowie Neugestaltung von vorherigem Wissen, Erfahrungen und Inhalten	F-MK2			X	X	X				X	X		X

A Der/die making-kompetente Student:in erkennt die Notwendigkeit, etwas zu erfinden, zu entwerfen, herzustellen, zu bauen, umzugestalten oder zu reparieren, um eine Idee oder Emotion auszudrücken oder ein Problem zu lösen.													
WA1	Erkennt unerfüllte Bedürfnisse, die durch das Making gedeckt werden könnten.	P-EI3/4, M-PE4	X								X		
WA2	Ist neugierig, wie Dinge hergestellt werden und wie sie funktionieren.	P-OP1		X		X				X			
WA3	Wählt Hacking und Tinkering als Zugänge, um herauszufinden, wie Dinge hergestellt werden und wie sie funktionieren.	M-KT4, P-OF2	X	X								X	
WA4	Beurteilt die Vor- und Nachteile des Selbermachens als Alternative zum Kauf oder zur Anmietung ein.												X
B Er/Sie kann Designmethoden anwenden													
WA5	definiert das Problem	M-PL2a	X									X	
WA6	analysiert das Problem und gliedert es in Komponenten auf	M-PL3b, M-PL4	X									X	
WA7	beschafft verlässliche und relevante Hintergrundinformationen	M-IK2	X	X								X	
WA8	identifiziert Interessengruppen	M-PE4	X				X					X	
WA9	spezifiziert Projektanforderungen	M-PO3	X									X	
WA10	identifiziert und arbeitet effektiv innerhalb von Projektbeschränkungen, seien sie finanzieller, zeitlicher, räumlicher oder materieller Natur	M-PO2, M-PE3					X		X			X	
WA11	sammelt Ideen für verschiedene Lösungsansätze und wählt den besten aus	M-KT6	X						X			X	
WA12	bewertet die Kosten und Vorteile der Verwendung von vorgefertigten Teilen oder Bausätzen im Vergleich zur Eigenfertigung												
WA13	erstellt und testet Prototypen	M-PE2					X					X	
WA14	überarbeitet und modifiziert das Design des Prototyps über mehrere Iterationen hinweg	M-PE5					X					X	

3. Detailanalyse: Maker Competencies to meet 21st Century Needs (Davidson und Price 2017)

		Relevanz Zielstufe	Ideenentwicklung Problemlösung	Fehler machen / Neues Lernen	Kommunikation/ Inspiration/ Unterstützung/ Teilen	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten	Technologie-aneignung und -nutzung	Iterative Produkt-entwicklung	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen	Nachhaltigkeit	Verantwortungsbildnahme/Kritisches Denken
DA1	Initiative: Teilnehmende zeigen «Initiative», wenn sie sich neuen Herausforderungen stellen und neue praktische Werkzeuge nutzen, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Sie bauen dabei auf Bekanntem auf, sind aber bereit, die Komfortzone zu verlassen.	P-E14, P-OF1, P-OF3	X	X					X					
DA2	Spielerisches Lernen: Teilnehmende zeigen «spielerisches Lernen», respektive eine verspielte Neugier.	P-OF2		X					X		X			
DA3	Sie sind bereit, ihre Ideen in mehreren Iterationen zu entwickeln.	M-PE5					X				X	X		
DA4	Sie sind bereit beim Erreichen kurzfristiger Ziele ihre Fähigkeiten zu erweitern.	P-OF3		X					X		X	X		
DA5	Authentische Anpassung: Teilnehmende passen sich an eine sich ständig verändernde Umgebung an (z.B. wechselnde Teilnehmende, unterschiedliche Verfügbarkeit von Ressourcen). In Mangelsituationen können sie Alternativen finden.	P-OF5, P-OF6	X						X					
DA6	Interdependenz: Teilnehmende zeigen «Interdependenz», indem sie aktiv Zusammenarbeit anstreben und dabei statt auf Wettbewerb und Kontrolle auf gegenseitiges Vertrauen, Hilfsbereitschaft und Humor im Umgang miteinander setzen.	S-US4			X					X				
DA7	Grosszügige Einplanung von Ressourcen: Teilnehmende planen zusätzliche Zeit und Ressourcen ein, um Dinge auszuprobieren, Fehler zu machen und im Rahmen der Lösungsfindung mehrere Prototypen entwickeln zu können.	M-PO2, S-FK7		X			X				X			

Tab. 3: Analyse Kompetenzraster Maker Competencies to meet 21st Century Needs (Davidson und Price 2017).

4. Detailanalyse: Technical Skills of Engineering Graduates (Yusoff et al. 2012)

		Relevanz Zielstufe	Ideenentwicklung Problemlösung	Neugier/Fehler machen /	Kommunikation/ Inspiration/ Unterstützung/ Teilen	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten	Technologie-aneignung und -nutzung	Iterative Produkt-entwicklung	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen	Nachhaltigkeit	Kritisches Denken/Verantwortung
Communication Skills														
YU1	Sprechen Sie in klaren Sätzen; geben Sie klare Anweisungen;				X					X		X		
YU2	hören Sie zu und stellen Sie Fragen;	S-FB3			X					X				
YU3	präsentieren Sie Ideen selbstbewusst und effektiv;	P-ÜK3			X				X			X		
YU4	verstehen und sprechen Sie Englisch und andere Sprachen.													
Teamwork														
YU5	Funktionieren Sie effektiv als Einzelperson; (Selbstständigkeit)	P-E14			X				X					
YU6	verstehen Sie die Rolle in einer Gruppe;	S-TA5			X				X	X				
YU7	funktionieren Sie effektiv in einer Gruppe als Teammitglied;	S-TA4			X					X				
YU8	akzeptieren und geben Sie Feedback in konstruktiver und respektvoller Weise;	S-FB2			X					X				
YU9	arbeiten Sie in einer Gruppe mit der Fähigkeit, eine Führungsperson zu sein.													
Lifelong Learning														
YU10	Erkennen Sie die Notwendigkeit lebenslangen Lernens;													
YU11	besitzen und erwerben Sie die Fähigkeit zum lebenslangen Lernen;													
YU12	engagieren Sie sich im lebenslangen Lernen; setzen Sie Ihre Lernziele fest;	M-PO1		X					X					

YU13	planen Sie die Erreichung ihrer Lernziel(e).	M-PO1								X	X		X						
Professionalism																			
YU14	Verstehen Sie die sozialen Verantwortlichkeiten (menschliche Faktoren und soziale Fragen);	P-VA6																X	X
YU15	verstehen Sie die kulturellen und globalen Verantwortlichkeiten (Bewusstsein für kulturelle und natürliche Umgebungen);																	X	X
YU16	verstehen Sie die Umweltverantwortung (Bewusstsein für Umweltbedürfnisse);	P-VA4																X	X
YU17	verpflichten Sie sich zu beruflichen Verantwortlichkeiten (als Ingenieur lizenziert sein);																		
YU18	verpflichten Sie sich zu ethischen Verantwortlichkeiten (für ihre Handlungen verantwortlich sein).	P-VA4																X	X
Problem-Solving & Decision Making Skills																			
YU19	Unternehmen Sie die Identifizierung von Problemen (identifizieren Sie ein Problem am Arbeitsplatz);	M-PL2a	X															X	
YU20	wenden Sie Problemlösung an (verwenden Sie Erfahrungen, um Probleme zu lösen);	M-PL5	X															X	
YU21	wenden Sie Formulierung und Lösung an (verwenden Sie Wissenschaft, Mathematik oder Technologie, um Probleme zu lösen);	M-PL6	X															X	X
YU22	seien Sie kreativ und innovativ und betrachten Sie verschiedene Standpunkte bei der Problemlösung;	M-PL4	X															X	
YU23	identifizieren Sie die Ursache der Probleme.	M-PL3b	X															X	
Competency																			
YU24	Verwenden Sie die notwendigen Techniken der Ingenieurpraxis;																		
YU25	verwenden Sie die für die Ingenieurpraxis erforderlichen Fähigkeiten;																		
YU26	verwenden Sie moderne Ingenieurwerkzeuge und Software;																		
YU27	arbeiten Sie nach Qualitätsstandards und Spezifikationen; montieren Sie Geräte gemäss schriftlichen Anweisungen.																		
Knowledge of science and engineering principles																			
YU28	Erwerben Sie weiterhin Kenntnisse in den Grundlagen der Wissenschaften und des Ingenieurwesens;																		
YU29	wenden Sie das Wissen über die Grundlagen des Ingenieurwesens an;																		

5. Detailanalyse: Entrepreneurship Framework (Bacigalupo et al. 2016)

		Relevanz Zielstufe	Ideenentwicklung Problemlösung	Fehler machen / Neues Lernen	Kommunikation/ Inspiration/ Unterstützung/ Teilen	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten	Technologie-aneignung und -nutzung	Iterative Produkt-entwicklung	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen	Nachhaltigkeit	Verantwortung/kritisches Denken
Ideas and opportunities														
BA1	Chancen zur Wertschöpfung durch Erkundung des sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Umfelds erkennen und nutzen:													
BA2	Bedürfnisse und Herausforderungen identifizieren, die erfüllt werden müssen	M-PE4	X				X				X			X
BA3	Neue Verbindungen herstellen und verstreute Elemente des Umfelds zusammenbringen, um Gelegenheiten zur Wertschöpfung zu schaffen													
Creativity														
BA4	Mehrere Ideen und Möglichkeiten zur Wertschöpfung entwickeln, einschliesslich besserer Lösungen für bestehende und neue Herausforderungen:													
BA5	Innovative Ansätze erforschen und ausprobieren	P-OF2		X										
BA6	Wissen und Ressourcen kombinieren, um wertvolle Effekte zu erzielen	M-KT4	X								X			
Vision														
BA7	Fähigkeit zur Vorstellung von Zukunft	P-VA2	X										X	
BA8	Eine Vision entwickeln, um Ideen in die Tat umzusetzen	P-VA2	X											X
BA9	Zukunftsszenarien visualisieren, um Bemühungen und Massnahmen zu steuern		X							X				
Ideen bewerten														
BA10	beurteilen, was in sozialer, kultureller und wirtschaftlicher Hinsicht wertvoll/sinnvoll ist	P-VA6										X	X	

BA25	Planung, Umsetzung und Bewertung finanzieller Entscheidungen im Laufe der Zeit																		
BA26	Verwaltung der Finanzierung, um sicherzustellen, dass meine wertschöpfende Tätigkeit langfristig Bestand hat																		
Überzeugung Dritter																			
BA27	Inspiration und Begeisterung relevanter Stakeholder	P-ÜK6																	
BA28	Beschaffung von Support, um wertvolle Ergebnisse zu erzielen	P-SRS																	
BA29	Effektive Kommunikation, Überzeugungskraft, Verhandlungsgeschick und (Führungsqualitäten) unter Beweis stellen	P-ÜK6																	
Initiativübernahme																			
BA30	Prozesse initiieren, die Werte schaffen																		
BA31	Herausforderungen annehmen																		
BA32	Selbstständig handeln und arbeiten, um Ziele zu erreichen, Vorsätze einzuhalten und geplante Aufgaben auszuführen	P-EI4																	
Planung und Management																			
BA33	Lang-, mittel- und kurzfristige Ziele setzen	M-FO5																	
BA34	Prioritäten und Aktionspläne festlegen																		
BA35	Sich an unvorhergesehene Veränderungen anpassen	P-OF5																	
Umgang mit Ambiguität																			
BA36	Entscheidungen treffen, wenn das Ergebnis der Entscheidung ungewiss ist, wenn die verfügbaren Informationen unvollständig oder mehrdeutig sind oder wenn die Gefahr unbeabsichtigter Ergebnisse besteht																		
BA37	In den Wertschöpfungsprozess strukturierte Methoden zum Testen von Ideen und Prototypen von Anfang an einbeziehen, um das Risiko des Scheiterns zu verringern	M-PI5																	
BA38	Schnellebige Situationen zeitnah und flexibel bewältigen	P-OF5																	
Zusammenarbeit																			
BA39	Mit anderen zusammenarbeiten und kooperieren, um Ideen zu entwickeln und sie in die Tat umzusetzen	S-TA1, S-TA5																	
BA40	Netzwerke bilden																		
BA41	Konflikte lösen und sich, wenn nötig, dem Wettbewerb stellen	S-TA3																	

Lernen durch Erfahrung												
BA42	Jede Initiative zur Wertschöpfung als Lernchance nutzen		X									
BA43	Lerne mit anderen, auch mit Gleichaltrigen und Mentoren	S-US4	X	X					X			
BA44	Reflektiere und lerne sowohl aus Erfolgen als auch aus Misserfolgen (deinen eigenen und denen anderer)	S-FL6	X	X				X				

Tab. 5: Analyse Kompetenzraster: Analyse des Entrepreneurship Frameworks (Bacigalupo et al. 2016).

6. Detailanalyse: Analyse Kompetenzraster DigComp for European Schools (Punie et al. 2013)

		Relevanz Zielstufe	Ideenentwicklung Problemlösung	Fehler machen / Neues Lernen	Kommunikation / Inspiration/ Unterstützung/ Teilen	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten	Technologie-aneignung und -nutzung	Iterative Produkt-entwicklung	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen	Nachhaltigkeit	Kritisches Denken/Verantwortung
Information and Data Literacy														
OF1	Durchsuchen, Suchen und Filtern von Daten, Informationen und digitalem Inhalt: Informationsbedürfnisse formulieren , Daten, Informationen und Inhalte in digitalen Umgebungen suchen , auf sie zugreifen und zwischen ihnen navigieren; persönliche Suchstrategien erstellen und aktualisieren.	M-IK3	X		X		X				X			
OF2	Bewerten von Daten, Informationen und digitalem Inhalt: Daten, Informationen und digitalen Inhalt analysieren, vergleichen und die Glaubwürdigkeit und Zuverlässigkeit von Daten-, Informations- und digitalen Inhaltquellen kritisch bewerten . Die Daten, Informationen und digitalen Inhalte analysieren, interpretieren und kritisch bewerten.	M-IK4	X				X				X			X
OF3	Verwalten von Daten, Informationen und digitalem Inhalt: Daten, Informationen und Inhalte in digitalen Umgebungen organisieren, speichern und abrufen. Daten in einer strukturierten Umgebung organisieren und verarbeiten.	M-IK6, M-PO6					X	X			X	X		

Communication and Collaboration														
OF4	Interagieren durch digitale Technologien: Durch verschiedene digitale Technologien interagieren und die angemessenen digitalen Kommunikationsmittel für einen gegebenen Kontext verstehen.	F-MK1				X		x				X		
OF5	Teilen von Informationen und Inhalten durch digitale Technologien: Daten, Informationen und digitalen Inhalt mit anderen durch geeignete digitale Technologien teilen. Als Vermittler agieren, Kenntnisse über Zitier- und Attributionspraktiken haben.					X		X				X		
OF6	Zusammenarbeit durch digitale Technologien: Digitale Werkzeuge und Technologien für kollaborative Prozesse nutzen sowie für das gemeinsame Erarbeiten und Erschaffen von Daten, Ressourcen und Wissen.	F-MK1				X		X				X	X	
OF7	Netiquette: Auf Verhaltensnormen und Kenntnisse achten, während digitale Technologien genutzt und in digitalen Umgebungen interagiert wird. Kommunikationsstrategien an das spezifische Publikum anpassen und sich der kulturellen und generationellen Vielfalt in digitalen Umgebungen bewusst sein.	F-MK6				X		X				X		
OF8	Digitale Identität verwalten: Eine oder mehrere digitale Identitäten erstellen und verwalten, um den eigenen Ruf schützen zu können und mit den Daten umzugehen, die man durch verschiedene digitale Werkzeuge, Umgebungen und Dienste produziert.								X			X	X	
Digital Content Creation														
OF9	Digitale Inhalte entwickeln: Digitale Inhalte in verschiedenen Formaten erstellen und bearbeiten, um sich durch digitale Mittel ausdrücken zu können.	F-MK2, F-MK3						X	X				X	X
OF10	Integration und Überarbeitung digitaler Inhalte: Informationen und Inhalte modifizieren, verfeinern, verbessern und in einen bestehenden Wissenskörper integrieren, um neue, originelle und relevante Inhalte und Wissen zu schaffen.	M-PE5						X	X	X			X	X
OF11	Urheberrecht und Lizenzen: Verstehen, wie Urheberrecht und Lizenzen auf Daten, digitale Informationen und Inhalte anwendbar sind.	P-VA3						X					X	
OF12	Programmierung: Planen und Entwickeln einer Reihe verständlicher Anweisungen für ein Computersystem, um ein gegebenes Problem zu lösen oder eine spezifische Aufgabe auszuführen.	F-IN2	X										X	
Safety														
OF13	Geräteschutz: Geräte und digitale Inhalte schützen sowie Risiken und Bedrohungen in digitalen Umgebungen verstehen. Kenntnisse über Sicherheits- und Schutzmassnahmen haben und dabei angemessen auf Zuverlässigkeit und Datenschutz achten.	P-VA1											X	

7. Detailanalyse: Technology & Engineering Literacy Framework (National Assessment Governing Board Washington 2018)

		Relevanz Zielstufe	Ideenentwicklung Problemlösung	Fehler machen / Neues Lernen	Kommunikation/ Inspiration/ Unterstützung/ Teilen	Kreieren/ Konstruieren/ Gestalten	Technologie-aneignung und -nutzung	Iterative Produkt-entwicklung	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen	/Nachhaltigkeit	Kritisches Denken/Verantwortung
Technologie und Gesellschaft														
Interaktion Technologie & Mensch														
TE1	«Schüler wissen, dass die Bedürfnisse und Wünsche der Menschen bestimmen, welche neuen Werkzeuge, Produkte und Maschinen entwickelt und verfügbar gemacht werden.»													
TE2	«Die Schüler wissen, dass die Einführung eines neuen Werkzeugs, Produkts oder einer Maschine in der Regel sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich bringt und möglicherweise die Art und Weise verändert, wie Menschen leben und arbeiten.»													X
TE3	«Schüler sind in der Lage, mögliche positive und negative Auswirkungen der Einführung einer neuen Technologie in eine Gemeinschaft zu identifizieren.»	P-VA6												X
TE4	«Schüler sind in der Lage, die Auswirkungen von zwei verschiedenen Technologien auf ihr eigenes Leben zu vergleichen, indem sie sich vorstellen, wie ihr Leben ohne diese Technologien aussehen würde.»													X
Einflüsse von Technologie auf die natürliche Umwelt														
TE5	«Schüler wissen, dass der Einsatz von Technologie die Umwelt beeinflussen kann, einschliesslich Land, Wasser, Luft, Pflanzen und Tieren. Die Umwelt beeinflusst auch die Technologie, indem sie Energiequellen und Rohstoffe bereitstellt.»	P-NA5				X								X
TE6	«Die Schüler wissen, dass das Wiederverwenden und Recyceln von Materialien Geld sparen kann, während natürliche Ressourcen geschont und Schäden an der Umwelt vermieden werden.»	P-VA4			X	X								X
TE7	«Schüler sind in der Lage, die Auswirkungen einer spezifischen Technologie auf die Umwelt zu identifizieren und zu bestimmen, was getan werden kann, um negative Effekte zu reduzieren und positive Effekte zu erhöhen.»				X									X

Einflüsse von Technologie auf Information und Wissen in der Welt													
TE8	«Schüler wissen, dass Informationstechnologie Zugang zu umfangreichen Wissens- und Informationsquellen bietet. Dies kann positive und negative Auswirkungen haben.»	M-IK4	X		X		X						X
TE9	«Schüler wissen, dass Informationstechnologien verwendet werden können, um Daten auf verschiedene Weisen zu modifizieren und anzuzeigen, was hilfreich oder irreführend sein kann.»						X						X
TE10	«Schüler wissen, dass Kommunikationstechnologien es Menschen ermöglichen, über grosse Entfernungen in Schrift, Stimme und Bildern zu kommunizieren.»						X						
TE11	«Schüler sind in der Lage, Informations- und Kommunikationstechnologien zu nutzen, um Daten zu erschliessen und zu interpretieren sowie mit anderen zu kommunizieren.»	F-IN6					X						
Ethik, Gerechtigkeit und Verantwortung													
TE12	«Schüler wissen, dass bei der Verwendung von Werkzeugen und Maschinen die Ergebnisse hilfreich oder schädlich sein können.»	F-DI4					X						X
TE13	«Schüler wissen, dass die Technologien, die Menschen für wesentliche Aufgaben wie Landwirtschaft, Kochen, Medizin, Transport und Kommunikation zur Verfügung haben, in verschiedenen Teilen der Welt sehr unterschiedlich sind.»											X	
TE14	«Schüler sind in der Lage, die Vorteile und die sichere Verwendung eines Werkzeugs oder einer Maschine zu erklären, indem sie zeigen, wie es verwendet werden kann und sollte, sowie wie es nicht verwendet werden sollte und welche Konsequenzen sich ergeben können, wenn es unangemessen verwendet wird.»	P-VA1					X						X
TE15	«Schüler sind in der Lage, den ethischen Umgang mit Informationstechnologien zu demonstrieren, indem sie erkennen, wie jemand anderen durch den Missbrauch von Kommunikationstechnologien schaden könnte, und welche Arten von Informationen zu Missbrauch führen könnten, wenn sie weit verbreitet geteilt werden.»	F-MK6					X						X
Design und Systeme													
Natur der Technik													
TE16	«Schüler wissen, dass Wissenschaftler Fragen über die Welt stellen; Ingenieure erschaffen und modifizieren Technologien, um die Bedürfnisse und Wünsche der Menschen zu erfüllen.»												
TE17	«Schüler wissen, dass die Verbesserung bestehender Technologien und die Entwicklung neuer Technologien kreatives Denken erfordern.»		X				X						
TE18	«Schüler wissen, dass Werkzeuge einfache Gegenstände sind, die Menschen dabei helfen, Dinge besser oder einfacher zu tun, wie das Schneiden, Formen und Verbinden von Materialien, das beim Herstellen von Kleidung geschieht.»		X				X						

TE19	«Schüler sind in der Lage, Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften zu inspizieren und festzustellen, welches am besten für eine bestimmte Anwendung geeignet ist.»	F-MW4					X											
TE20	«Schüler sind in der Lage, das geeignete Werkzeug zur Erledigung einer Aufgabe auszuwählen.»	F-MW4					X	X										
Engineering Design																		
TE21	«Schüler wissen, dass das ingenieurwissenschaftliche Design ein systematischer und kreativer Prozess ist, um Herausforderungen zu bewältigen. Oft gibt es mehrere Lösungen für eine Design-Herausforderung. Jede davon könnte in irgendeiner Weise besser sein als die anderen. Zum Beispiel könnte eine Lösung sicherer sein, während eine andere weniger kosten könnte.»	M-PL1	X						X									X
TE22	«Die Schüler wissen, dass die Anforderungen für ein Design sowohl die gewünschten Merkmale eines Produkts oder Systems als auch die Grenzen des Designs umfassen, wie z.B. welche Materialien verfügbar sind.»	M-PE3					X											
TE23	«Schüler sind in der Lage, einen systematischen Prozess zu verwenden, um eine Lösung für ein einfaches Problem zu entwerfen.»	M-PL5	X						X									
TE24	«Schüler sind in der Lage, ein einfaches Modell zu konstruieren und zu testen, um festzustellen, ob es den Anforderungen eines Problems entspricht.»	M-PE5	X						X									
TE25	«Schüler sind in der Lage, Designideen mithilfe von Zeichnungen und Modellen zu kommunizieren.»	S-TA2	X		X				X									
Systemisches Denken																		
TE26	«Schüler wissen, dass alle technologischen Systeme Energie benötigen und Teile haben, die zusammenarbeiten, um ein Ziel zu erreichen.»								X									X
TE27	«Schüler wissen, dass viele Systeme Teilsysteme in sich haben und durch Grenzen definiert sind. Viele Systeme sind Teile von größeren Systemen.»								X									
TE28	«Schüler sind in der Lage, bei einem Produkt seine Systeme, Teilsysteme und Komponenten zu identifizieren, indem sie es auseinandernehmen.»	M-PL3a		X					X									
TE29	«Schüler sind in der Lage, ein Diagramm einer Maschine zu erstellen, die mehrere Teilsysteme enthält. Sie können die Teilsysteme beschriften, um zu erklären, was jedes davon tut.»						X											
TE30	«Schüler sind in der Lage, ein einfaches System zu konstruieren, um ein Ziel zu erreichen, basierend auf ihrem Wissen über die Funktion einzelner Komponenten.»		X															
Instanthaltung und Fehlerbehebung																		
TE31	«Schüler wissen, dass es wichtig ist, verschiedene Werkzeuge und Maschinen auf angemessene Weise zu pflegen, damit sie bei Bedarf einsatzbereit sind.»	F-MW5							X									

TE32	Schüler sind in der Lage, schrittweise eine Eigenschaft einer Maschine oder eines Werkzeugs zu ändern, um herauszufinden, warum es nicht funktioniert. Sie testen erneut, nachdem jede Änderung vorgenommen wurde.»	F-MW5						X										
TE33	«Schüler sind in der Lage, die Ursache für das Versagen in einem einfachen System zu identifizieren und Möglichkeiten vorzuschlagen, wie zukünftiges Versagen vermieden werden könnte.»	F-MW5	X					X										
TE34	«Schüler sind in der Lage zu erkennen, dass alle Produkte einen Lebenszyklus haben, der mit Rohstoffen beginnt und mit Entsorgung oder Recycling endet.»	P-NA4						X									X	
Informations- und Kommunikationstechnologie																		
Entwicklung und Austausch von Ideen und Lösungen																		
TE35	«Schüler wissen, dass Menschen, die als Team zusammenarbeiten, oft ein besseres Produkt erstellen können als Einzelpersonen, und es gibt gängige digitale Werkzeuge, die zur Erleichterung der virtuellen oder persönlichen Zusammenarbeit verwendet werden können.»	S-TA1			X			X										
TE36	«Schüler sind in der Lage, Eingaben von (virtuellen, das heißt, computererzeugten) Mitarbeitern und Experten oder Quellen im Entscheidungsprozess zur Gestaltung eines Produkts oder einer Präsentation zu nutzen.»																	
TE37	«Schüler sind in der Lage, Informationen und Ideen effektiv an ein Publikum zu kommunizieren, um einen bestimmten Zweck zu erreichen.»	P-ÜK6			X													
Informationsrecherche																		
TE38	«Schüler wissen, dass digitale und Netzwerk-Tools sowie Medienressourcen hilfreich sein können, um Fragen zu beantworten, aber sie können manchmal voreingenommen oder falsch sein.»	P-NA6			X			X										X
TE39	«Schüler sind in der Lage, digitale und Netzwerk-Tools sowie Medienressourcen zu verwenden, um Daten zu sammeln, zu organisieren und anzuzeigen, um Fragen zu beantworten und Probleme zu lösen.»	M-PL3a	X					X										
TE40	«Schüler sind in der Lage, in Medien und digitalen Quellen nach Informationen zu einem lokalen Problem zu suchen und Quellen zu identifizieren, die möglicherweise voreingenommen sind.»	P-NA6	X		X			X										
Problemanalyse																		
TE41	«Schüler sind in der Lage, digitale Werkzeuge und Ressourcen zu verwenden, um ein lokales Problem zu identifizieren und zu untersuchen sowie mögliche Lösungen zu entwickeln.»	M-PL3a	X					X										
TE42	«Schüler sind in der Lage, digitale Werkzeuge zu verwenden, um einfache Hypothesen in verschiedenen Fachgebieten zu testen.»	M-PL3a	X					X										
TE43	«Schüler sind in der Lage, digitale Modelle zu verwenden, um zu beschreiben, wie Teile eines Ganzen miteinander in einem Modell eines Systems interagieren.»	F-DF2																

Anerkennung von Ideen und Informationen													
TE44	«Schüler wissen, dass es erlaubt ist, Ideen anderer Personen in der eigenen Arbeit zu verwenden, vorausgesetzt, dass angemessene Anerkennung der ursprünglichen Quelle gegeben wird, egal ob Informationen persönlich oder über ICT-Medien geteilt werden.»	S-TAS											X
TE45	«Schüler sind in der Lage, Beispiele zu identifizieren oder zu liefern, die Respekt für urheberrechtlich geschütztes Material zeigen, wie zum Beispiel die Ablehnung der Anfrage eines Freundes, einen Song von einer CD zu kopieren oder urheberrechtlich geschütztes Material online zu stellen.»												X
Auswahl und Nutzung digitaler Tools													
TE46	«Schüler wissen, dass verschiedene digitale Werkzeuge unterschiedliche Zwecke haben.»												X
TE47	«Schüler sind in der Lage, digitale Werkzeuge (geeignet für Schüler der vierten Klasse) effektiv für verschiedene Zwecke zu nutzen, wie zum Beispiel die Suche nach Informationen, deren Organisation und Präsentation.»	F-MW4											X

Tab. 7: Technology & Engineering Literacy Framework (National Assessment Governing Board Washington 2018).

Literatur

- Bacigalupo, Margherita, Panagiotis Kampylis, Yves Punie, und Godelieve van den Brande. 2016. «EntreComp: The Entrepreneurship Competence Framework». *JRC Publications Repository*. 6. Juni 2016. <https://doi.org/10.2791/160811>.
- Davidson, Ann-Louise, und David William Price. 2017. «Does Your School Have the Maker Fever? An Experiential Learning Approach to Developing Maker Competencies». *LEARNING Landscapes* 11 (1): 103–120. <https://doi.org/10.36510/learnland.v11i1.926>.
- Kumpulainen, Kristiina, Anu Kajamaa, Jasmiina Leskinen, Jenny Byman, und Jenny Renlund. 2020. «Mapping Digital Competence: Students' Maker Literacies in a School's Makerspace». *Frontiers in Education* 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00069>.
- National Assessment Governing Board Washington. 2018. «Technology & Engineering Literacy Framework for the 2018 National Assessment of Educational Process». <https://www.nagb.gov/content/dam/nagb/en/documents/publications/frameworks/technology/2018-technology-framework.pdf>.
- Punie, Yves, Barbara Brečko, und Anusca Ferrari. 2013. «DIGCOMP: a Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe». *Elearning Papers* 38: 3–17 http://www.openeducations.eu/nl/elearning_papers.
- Yusoff, Yuzainee Md, Mohd. Zaidi. Omar, Azami Zaharim, Azah Mohamed, und Norhamidi Muhamad. 2012. «Formulation in Evaluating the Technical Skills of Engineering Graduates». *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Universiti Kebangsaan Malaysia Teaching and Learning Congress 2011, Volume II, December 17–20 2011, Pulau Pinang MALAYSIA, 60 (October): 493–499. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.413>.
- Wallace, Martin K., Gretchen Trkay, Morgan Chivers, und Katie Musick Peery. 2017. «Making Maker Literacies: Integrating Academic Library Makerspaces into the Undergraduate Curriculum». *The Higher Education Makerspaces Initiatives (HEMI) ISAM Paper No. 61*. <https://rc.library.uta.edu/uta-ir/handle/10106/27017>.

Anhang 3

Analyse der BNE-Kompetenz-Frameworks

1. GreenComp – der Europäische Kompetenzrahmen für Nachhaltigkeit (Bianchi et al. 2022)

			Relevanz Zielstufe	Growth Mindset / Maker Mindset	Nachhaltige Produktion	Nachhaltige Materialien	Produkte für Nachhaltigkeit	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
1. Verankerung von Nachhaltigkeitswerten											
BI1	1.1 Wertschätzung der Nachhaltigkeit	Über persönliche Werte nachdenken; ermitteln und erläutern, wie sich Werte je nach Mensch und Zeit unterscheiden, und gleichzeitig kritisch bewerten, wie sie mit Nachhaltigkeitswerten im Einklang stehen	P-SR2					X			
BI2	1.2 Unterstützung der Gerechtigkeit	Gleichheit und Gerechtigkeit für derzeitige und künftige Generationen unterstützen und von früheren Generationen für Nachhaltigkeit lernen									
BI3	1.3 Förderung der Natur	Anerkennen, dass die Menschen ein Teil der Natur sind; und die Bedürfnisse und Rechte anderer Arten und der Natur selbst achten, um gesunde und widerstandsfähige Ökosysteme wiederherzustellen und zu regenerieren									
2. Berücksichtigung der Komplexität der Nachhaltigkeit											
BI4	2.1 Systemorientiertes Denken	Nachhaltigkeitsprobleme von allen Seiten betrachten; Zeit, Raum und Kontext berücksichtigen, um zu verstehen, wie Elemente innerhalb von Systemen und zwischen Systemen interagieren									
BI5	2.2 Kritisches Denken	Informationen und Argumente bewerten, Annahmen identifizieren, den Status quo anfechten und überlegen, wie der persönliche, soziale und kulturelle Hintergrund das Denken und Schlussfolgerungen beeinflusst	P-NA6, M-IR4					X		X	
BI6	2.3 Problemformulierung	Aktuelle oder potenzielle Herausforderungen als Nachhaltigkeitsproblem in Bezug auf Schwierigkeit, beteiligte Personen, zeitliche und geografische Reichweite formulieren, um geeignete Ansätze für die Antizipation und Vermeidung von Problemen sowie für die Eindämmung und Anpassung an bereits bestehende Probleme zu ermitteln									

3. Visionen für eine nachhaltige Zukunft										
BI7	3.1 Zukunftskompetenz	Alternative nachhaltige Zukunftsszenarien visualisieren, indem alternative Szenarien erdacht und entwickelt und die Schritte identifiziert werden, die erforderlich sind, um eine bevorzugte nachhaltige Zukunft zu verwirklichen	P-NA2					X		
BI8	3.2 Anpassungsfähigkeit	Übergänge und Herausforderungen in komplexen Nachhaltigkeitssituationen bewältigen und angesichts von Unsicherheit, Mehrdeutigkeit und Risiken Entscheidungen in Bezug auf die Zukunft treffen	P-OF5	X				X		
BI9	3.3 Forschungsorientiertes Denken	Aneignung einer relationalen Denkweise durch Erforschung und Verknüpfung verschiedener Disziplinen, Einsatz von Kreativität und Experimentieren mit neuen Ideen oder Methoden	P-OF2					X		
4. Handeln für Nachhaltigkeit										
BI10	4.1 Politisches Handeln	Sich im politischen System orientieren, politische Verantwortung und Rechenschaftspflicht für nicht nachhaltige Verhaltensweisen identifizieren und wirksame politische Massnahmen für Nachhaltigkeit fordern								
BI11	4.2 Kollektives Handeln	Handeln in Zusammenarbeit mit anderen für den Wandel								
BI12	4.3 Individuelle Initiative	Das eigene Potenzial für Nachhaltigkeit ermitteln und einen aktiven Beitrag zur Verbesserung der Perspektiven für die Gemeinschaft und den Planeten leisten	P-NA5				X			X

Tab. 1: Analyse BNE-Kompetenzrahmen GreenComp – der Europäische Kompetenzrahmen für Nachhaltigkeit (Bianchi et al. 2022).

2. BNE-Kompetenzen gemäss Education (2016)

		Relevanz Zielstufe	Growth Mindset / Maker Mindset	Digital / analoge Tools	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
Wissen – Interdisziplinäres und mehrperspektivisches Wissen aufbauen								
ED1	Nachhaltigkeitsrelevantes Wissen identifizieren und sich selbständig wie auch im Austausch mit andern interdisziplinär und mehrperspektivisch informieren.	P-NA6			X			
ED2	Sich bewusst sein, dass Wissen konstruiert wird, situativ und kulturell geprägt ist. Es muss im Hinblick auf eine Nachhaltige Entwicklung hinterfragt und weiterentwickelt werden.							

ED3	Räumliche, zeitliche, individuelle und kollektive Dimensionen von Nachhaltiger Entwicklung berücksichtigen.							
ED4	Unvollständigkeit und Widersprüchlichkeit von nachhaltigkeitsrelevanten Informationen erkennen und analysieren. Die Qualität und Herkunft von Information hinterfragen und unterschiedliche Quellen zueinander in Beziehung setzen.	P-NA6, M-IK4			X		X	
Systeme – Vernetzt denken								
ED5	Lineare und nicht-lineare Zusammenhänge, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Menschen, verschiedenen Gesellschaftsbereichen sowie natürlicher Umwelt, sowohl lokal als auch global, analysieren und verstehen.							
ED6	Mit Komplexität umgehen, Ursachen und Wirkungszusammenhänge nicht-nachhaltiger Entwicklungen analysieren und verstehen.							
Antizipation – Vorausschauend denken und handeln								
ED7	Zukunftsvisionen entwickeln, sie in Bezug zur Realität und zu aktuellen Entwicklungsrichtungen setzen.	P-NA2			X			
ED8	Handlungsstrategien und Entscheidungen sowie ihre Wirkungen, Folgen und Risiken beurteilen und zukunftsorientierten Lösungen für eine Nachhaltige Entwicklung entwerfen.	P-NA2			X			
Kreativität – Kritisch-konstruktiv denken								
ED9	Eigenständige Ideen und Flexibilität entwickeln, um über den aktuellen Erfahrungs- und Wissenshorizont hinaus zu denken und (innovative) Alternativen zu erfinden	M-KT5						
Perspektiven – Perspektiven wechseln								
ED10	Unterschiedliche Interessenlagen ausmachen, eigene Standpunkte erkennen und Perspektiven anderer, aber auch neue Perspektiven einnehmen.	M-PE4					X	
ED11	Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel als Basis nutzen, um Situationen zu beurteilen und mit andern zusammen im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung zu arbeiten.	P-NA4					X	
Kooperation – Nachhaltigkeitsrelevante Fragestellungen gemeinsam bearbeiten								
ED12	Nachhaltigkeitsrelevante Fragestellungen identifizieren und gemeinsam nach Lösungen suchen.	P-NA2			X			
ED13	Meinungsverschiedenheiten und Interessenskonflikte hinsichtlich einer Nachhaltigen Entwicklung konstruktiv aushandeln und bewältigen	P-NA3			X	X		
Verantwortung – Sich als Teil der Welt erfahren								
ED14	Sich selbst, die soziale und natürliche Umwelt ganzheitlich und im globalen Kontext wahrnehmen.							
ED15	Sich als Teil dieser Umwelt erfahren und ihr respekt- und verantwortungsvoll begegnen.							
ED16	Dabei angenehme wie unangenehme Gefühle erkennen und konstruktiv damit umgehen.							
Werte – Eigene und fremde Werte reflektieren								
ED17	Sich eigener und kollektiver Denkweisen, Werte und Normen, Haltungen und Handlungen sowie deren Ursprünge bewusst sein und diese im Hinblick auf eine Nachhaltige Entwicklung beurteilen.	P-SR2			X			

ED18	Nachhaltige Entwicklung als Leitidee einer gesellschaftlichen Entwicklung und die ihr zugrundeliegenden Werte ausdiskutieren, verstehen und in Bezug zu anderen gesellschaftlichen Leitideen setzen.							
ED19	Eigene und fremde Werte, insbesondere auch Vorstellungen von Gerechtigkeit, reflektieren und als Handlungsgrundlage nutzen	P-SR2			X			
Handeln – Verantwortung übernehmen und Handlungsspielräume nutzen								
ED20	Persönliche und kollektive Handlungsspielräume für eine Nachhaltige Entwicklung erkennen, beurteilen und nutzen	P-NA5			X			

Tab. 2: Analyse BNE-Kompetenzrahmen Education (2016).

3. Key Competencies in Sustainability in Higher Education—toward an Agreed-upon Reference Framework (Giangrande et al. 2019)

			Relevanz Zielstufe	Growth Mindset / Maker Mindset	Digital / analoge Tools	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
Interpersonal: Presencing, self awareness, stress management, meaning making, connection with self, capacity for inner peace, mental wellbeing, self-reflection									
GG1	Are learners able to be present in themselves?	Sind Lernende in der Lage, bei sich selbst präsent zu sein? GG1							
GG2	Can learners hold (without having to resolve them or prejudice one or the other) contradictory feelings and or thoughts?	Können Lernende widersprüchliche Gefühle und Gedanken aushalten (ohne sie lösen zu müssen oder das eine oder andere zu bevorzugen)? GG2							
GG3	Do learners practise self awareness?	Üben sich Lernende im Selbstbewusstsein? GG3	P-ÜK3			X			
GG4	Are learners able to know when they or a group is stressed and take appropriate steps so that stress does not hinder action?	Sind Lernende in der Lage zu erkennen, wann sie oder eine Gruppe gestresst sind und geeignete Schritte zu unternehmen, damit Stress nicht das Handeln behindert? GG4	P-RS4, S-TA3			X	X		
GG5	Can learners find strategies to seek inner peace?	Können Lernende Strategien finden, um inneren Frieden zu suchen? GG5							
GG6	Can learners make meaning in the work they do?	Können Lernende Sinn in ihrer Arbeit finden? GG6	P-EI4			X			
GG7	Do learners practise love and compassion?	Üben Lernende Liebe und Mitgefühl? GG7							
GG8	Are learners aware of their mental and emotional health and do they have the abilities to maintain healthy mental and emotional states?	Sind Lernende sich ihrer geistigen und emotionalen Gesundheit bewusst und verfügen sie über die Fähigkeiten, einen gesunden geistigen und emotionalen Zustand aufrechtzuerhalten? GG8	P-RS4			X			

Intrapersonal: Communication skills, empathy, compassion, leadership, teamwork, mediation, cooperation, collaboration, participation										
GG9	Are communication skills taught? Are learners facilitated to work well with others?	Werden Lernende dazu befähigt, gut mit anderen zusammenzuarbeiten? GG9	S-TA3					x		
GG10	Can learners assist each other in peer to peer learning?	Können Lernende sich gegenseitig im Peer-to-Peer-Lernen unterstützen? GG10	S-US2, S-US3					x		
GG11	Are learners, across gender, ethnicity and other groupings, able to explore their leadership skills?	Können Lernende, unabhängig von Geschlecht, Ethnizität und anderen Gruppierungen, ihre Führungsfähigkeiten erkunden? GG11								
GG12	Is empathy valued and encouraged?	Wird Empathie wertgeschätzt und gefördert? GG12	S-FB3, S-FB4					x		
GG13	Are learners able to address conflict and develop mediation skills?	Sind Lernende in der Lage, Konflikte anzusprechen und Mediationsfähigkeiten zu entwickeln? GG13	S-TA3					x		
GG14	Are their barriers to full participation in learning projects?	Gibt es Barrieren für die vollständige Teilnahme an Lernprojekten? GG14								
Future: Thinking Visioning, developing scenarios, backcasting, recognising heritage, intergenerational equity										
GG15	Are learners encouraged to imagine and envision sustainable futures?	Werden Lernende dazu ermutigt, sich nachhaltige Zukünfte vorzustellen und zu entwerfen? GG15	P-NA2					x		
GG16	Can learners effectively use backcasting and forecasting skills in planning strategic activities?	Können Lernende effektiv Backcasting- und Forecasting-Fähigkeiten bei der Planung strategischer Aktivitäten einsetzen? GG16								
GG17	Do learners connect with their heritage and culture when looking to the future?	Beziehen Lernende ihre Vergangenheit und ihre Kultur mit ein, wenn sie in die Zukunft blicken? GG17								
GG18	Can learners identify future scenarios and use them to inform decision making?	Können Lernende zukünftige Szenarien identifizieren und diese zur Informationsgewinnung für Entscheidungen nutzen? GG18	P-NA2					x		
GG19	Are learners able to apply an awareness of intergenerational fairness to decisions and planning?	Sind Lernende in der Lage, ein Bewusstsein für Generationengerechtigkeit in Entscheidungen und Planungen anzuwenden? GG19								
Systems Thinking: Systems thinking, working with complex problems, promoting resilience, understanding tipping points and feedback loops										
GG20	Are learners able to work with interconnectedness and complexity in a systemic context?	Sind Lernende in der Lage, mit Vernetztheit und Komplexität in einem systemischen Kontext zu arbeiten? GG20								
GG21	Do learners have a functional knowledge of tipping points, resilience and feedback loops?	Verfügen Lernende über ein funktionales Wissen über Kipppunkte, Resilienz und Rückkopplungsschleifen? GG21								

GG22	Can learners understand how to work with socio-ecological systems?	Können Lernende verstehen, wie man mit sozio-ökologischen Systemen arbeitet? GG22									
GG23	Do learners have a working concept of resilience?	Haben Lernende ein Arbeitskonzept von Resilienz? GG23									
Disciplinary and interdisciplinarity: Understand the links between knowledge and experience, critical thinking, discipline specific framing, interdisciplinarity, expressing multiple ways of knowing											
GG24	Have learners acquired an epistemological intelligence?	Haben Lernende eine epistemologische Intelligenz erworben? GG24									
GG25	Have learners developed awareness of different ways of knowing?	Haben Lernende ein Bewusstsein für verschiedene Arten des Wissens entwickelt? GG25									
GG26	Have learners explored disciplinary integrity and understood the academic norms of a discipline?	Haben Lernende die disziplinäre Integrität erforscht und die akademischen Normen einer Disziplin verstanden? GG26									
GG27	Can learners work with disciplines that are not their core approach?	Können Lernende mit Disziplinen arbeiten, die nicht ihrem Kernansatz entsprechen? GG27									
GG28	Have learners developed their capacities for critical thinking?	Haben Lernende ihre Fähigkeiten für kritisches Denken entwickelt? GG28	P-NA6					x			
GG29	Can learners critically reflect on their own experiences?	Können Lernende kritisch über ihre eigenen Erfahrungen reflektieren? GG29	P-SR6					x			
Normative and Cultural: of values, understanding of justice, cosmopolitan perception, transcultural understanding, awareness of local context and global trends											
GG30	Can learners identify ethical questions and evaluate ethical responses according to different frameworks?	Können Lernende ethische Fragen identifizieren und ethische Antworten nach verschiedenen Rahmenbedingungen bewerten? GG30									
GG31	Are fairness and justice debated and explored?	Werden Fairness und Gerechtigkeit diskutiert und erforscht? GG31	S-US5						x		
GG32	Are learners encouraged to engage with and understand different world views?	Werden Lernende dazu ermutigt, sich mit unterschiedlichen Weltanschauungen auseinanderzusetzen und diese zu verstehen? GG32									
GG33	Are different cultural contexts appreciated?	Werden verschiedene kulturelle Kontexte gewürdigt?									
GG34	Have learners engaged with questions of well being and happiness?	Haben sich Lernende mit Fragen des Wohlbefindens und Glücks auseinandergesetzt?									
Strategy: Planning, decision making, implementing, addressing challenges, organisational development, use of Kolb's action reflection cycle.											
GG35	Are learners able to practise decision making and analyse consequences? Can learners use planning and assessment tools?	Sind Lernende in der Lage, Entscheidungsfindung zu üben und Konsequenzen zu analysieren? Können Lernende Planungs- und Bewertungsinstrumente verwenden?	P-VA6						x		

Attentiveness – The educator helps learners to understand fundamentally unsustainable aspects of our society and the way it is developing and increases their awareness of the urgent need for change										
RS4	2.1 Discuss limits and resilience of natural and human-made systems, and describe structural flaws in human-made systems that exceed limits and cause unsustainability	2.1 Grenzen und Resilienz natürlicher und vom Menschen geschaffener Systeme diskutieren und strukturelle Mängel in vom Menschen geschaffenen Systemen beschreiben, die Grenzen überschreiten und Nicht-Nachhaltigkeit verursachen								
RS5	2.2 Recognise and discuss the urgent need to fundamentally change those human-made systems in order to address such flaws	2.2 Die dringende Notwendigkeit erkennen und diskutieren, diese vom Menschen geschaffenen Systeme grundlegend zu verändern, um solche Mängel anzugehen								
RS6	2.3 Identify opportunities to contribute to improvements in quality of life, equity, solidarity, and environmental sustainability	2.3 Möglichkeiten identifizieren, um zur Verbesserung von Lebensqualität, Gerechtigkeit, Solidarität und ökologischer Nachhaltigkeit beizutragen	P-NA5				x			
Transdisciplinarity – The educator helps learners to act collaboratively both within and outside of their own discipline, role, perspectives and values										
RS7	3.1 Identify and express their own values and perspectives and the strengths and limitations of these within a given context related to sustainability	3.1 Die eigenen Werte und Perspektiven identifizieren und ausdrücken sowie die Stärken und Grenzen dieser im gegebenen Kontext in Bezug auf Nachhaltigkeit erkennen	P-SR2				x			
RS8	3.2 Cooperate in the construction of new knowledge and ideas in multi-, inter- and trans-disciplinary contexts	3.2 Zusammenarbeit bei der Erstellung neuer Erkenntnisse und Ideen in multi-, inter- und transdisziplinären Kontexten								
RS9	3.3 Cooperate in the construction of new knowledge and ideas in intercultural and intergenerational contexts	3.3 Zusammenarbeit bei der Erstellung neuer Erkenntnisse und Ideen in interkulturellen und generationenübergreifenden Kontexten								
Criticality – The educator helps learners to evaluate critically the relevance and reliability of assertions, sources, models and theories										
RS10	4.1 Reflect critically on the framing of sustainability related issues and not just on their solutions	4.1 Kritisch über die Rahmung von Nachhaltigkeitsfragen reflektieren und nicht nur über deren Lösungen								
RS11	4.2 Distinguish between facts, assumptions and opinions, including their own Development	4.2 Unterscheiden zwischen Fakten, Annahmen und Meinungen, einschliesslich der eigenen Entwicklung	P-NA6				x			
RS12	4.3 Apply models and theories carefully, considering their limitations and uncertainties	4.3 Modelle und Theorien sorgfältig anwenden und dabei deren Grenzen und Unsicherheiten berücksichtigen								
Futures – The educator helps learners to explore alternative possibilities for the future and to use these to consider how behaviours might need to change										
RS13	5.1 Envision a range of futures, considering and evaluating likely impacts (potentials and risks) attached to different scenarios	5.1 Eine Reihe von Zukünften vorstellen, dabei wahrscheinliche Auswirkungen (Potenziale und Risiken) verschiedener Szenarien berücksichtigen und bewerten	P-NA2				x			
RS14	5.2 Identify and analyse the steps that would need to be taken to reach desired and possible future scenarios	5.2 Die Schritte identifizieren und analysieren, die unternommen werden müssen, um gewünschte und mögliche Zukunftsszenarien zu erreichen	P-NA2				x			

RS15	5.3 Recognise relations and possible evolutions between the past, present, near future and far future	5.3 Beziehungen und mögliche Entwicklungen zwischen Vergangenheit, Gegenwart, naher Zukunft und ferner Zukunft erkennen								
Empathy – The educator helps learners to respond to their feelings and emotions and those of others as well as developing an emotional connection to the natural world										
RS16	6.1 Listen to their own emotions and those of others; understand and apply strategies for dealing with fear, conflict or despondency, differentiating between unfounded hope and realistic sources of hope	6.1 Auf die eigenen Emotionen und die der anderen hören; verstehen und Strategien zum Umgang mit Angst, Konflikten oder Niedergeschlagenheit anwenden, wobei zwischen unbegründeter Hoffnung und realistischen Hoffnungsquellen unterschieden wird	S-USZ, M,PE4					x	x	
RS17	6.2 Recognise needs and connections within and beyond the human species	6.2 Bedürfnisse und Verbindungen innerhalb und ausserhalb der menschlichen Spezies erkennen								
RS18	6.3 Develop their own and others' coping mechanisms and sources of resilience when confronted with potentially overwhelming sustainability related issues	6.3 Eigene und fremde Bewältigungsmechanismen und Resilienzquellen entwickeln, wenn sie mit potenziell überwältigenden, nachhaltigkeitsbezogenen Problemen konfrontiert sind								
Creativity – The educator encourages creative thinking and flexibility within their learners										
RS19	7.1 Build on their experience and existing knowledge as a basis for creativity in responding to sustainability related issues	7.1 Auf ihre Erfahrung und bestehendes Wissen als Grundlage für Kreativität im Umgang mit Nachhaltigkeitsfragen aufbauen								
RS20	7.2 Use their judgement to recognise when tried and tested approaches are appropriate rather than assuming that new is always better	7.2 Ihr Urteilsvermögen nutzen, um zu erkennen, wann bewährte Ansätze angebracht sind, anstatt anzunehmen, dass Neues immer besser ist								
RS21	7.3 Develop ideas and create innovations, based on real-world scenarios/problems and sustainable entrepreneurial skills development.	7.3 Ideen entwickeln und Innovationen schaffen, basierend auf realen Szenarien/Problemen und der Entwicklung unternehmerischer Fähigkeiten im Bereich der Nachhaltigkeit.								
Responsibility – The educator helps the learners to reflect on their own actions, act transparently and to accept personal responsibility for their work										
RS22	8.1 Identify the potential social, environmental and economic consequences of their decisions and actions	8.1 Die potenziellen sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Konsequenzen ihrer Entscheidungen und Handlungen identifizieren								
RS23	8.2 Accept personal responsibility and accountability, where appropriate, for their own decisions and actions	8.2 Persönliche Verantwortung und Rechenschaft, wo angebracht, für ihre eigenen Entscheidungen und Handlungen übernehmen								
RS24	8.3 Reflect critically on their own decisions and actions and those of others, looking for opportunities for improvement and development	8.3 Kritisch über ihre eigenen Entscheidungen und Handlungen sowie die der anderen reflektieren und nach Möglichkeiten zur Verbesserung und Entwicklung suchen	P-VA4							

Participation – The educator helps learners to contribute to changes that will support sustainable development									
RS25	9.1 Participate actively, giving them opportunities to share ideas and experiences openly	9.1 Aktiv teilnehmen, indem ihnen Möglichkeiten gegeben werden, Ideen und Erfahrungen offen zu teilen	P-NA5				x		
RS26	9.2 Recognise their potential contribution towards societal transformations for sustainable development	9.2 Ihr mögliches Engagement für gesellschaftliche Transformationen zur nachhaltigen Entwicklung erkennen	P-NA5				x		
RS27	9.3 Propose, facilitate and participate in actions that will trigger transformations of systems and unsustainable practices	9.3 Vorschlagen, erleichtern und an Aktionen teilnehmen, die Systemtransformationen und die Beendigung von nicht nachhaltigen Praktiken auslösen“							
Values – The educator develops an awareness among learners of how beliefs and values underpin actions and how values need to be negotiated and reconciled									
RS28	10.1 Engage with others in ways that build positive relationships and trust	10.1 Sich auf eine Weise mit anderen auseinandersetzen, die positive Beziehungen und Vertrauen aufbaut	S-US4					x	
RS29	10.2 Identify and analyse their own values and beliefs in relation to sustainability issues and to recognise how they underpin commitment and action	10.2 Die eigenen Werte und Überzeugungen in Bezug auf Nachhaltigkeitsthemen identifizieren und analysieren und erkennen, wie diese Engagement und Handeln begründen	P-SR2				x		
RS30	10.3 Seek out, listen to, understand and reflect upon the values and beliefs of others in the context of sustainability	10.3 Die Werte und Überzeugungen anderer im Kontext der Nachhaltigkeit suchen, ihnen zuhören, sie verstehen und darüber reflektieren	P-NA3				x		
Action – The educator helps the learners to take action in a proactive and considered manner.									
RS31	11.1 Explore and critically analyse their local natural, social and built environment, including their own institution, as a context for change	11.1 Ihre lokale natürliche, soziale und gebaute Umgebung, einschliesslich ihrer eigenen Institution, als Kontext für Veränderungen erkunden und kritisch analysieren	P-NA1				x		
RS32	11.2 Engage in democratic processes of decision making within a context of sustainability	11.2 Sich an demokratischen Entscheidungsprozessen im Kontext der Nachhaltigkeit beteiligen	P-NA5				x		
RS33	11.3 Develop their agency and their awareness of social, political and economic structures	11.3 Ihre Handlungsfähigkeit und ihr Bewusstsein für soziale, politische und wirtschaftliche Strukturen entwickeln							
Decisiveness – The educator helps the learners to act in a cautious and timely manner even in situations of uncertainty									
RS34	12.1 Act in a timely manner even when faced with unforeseen events, keeping in mind the precautionary principle	12.1 Zeitnah handeln, auch wenn unvorhergesehene Ereignisse eintreten, unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips							
RS35	12.2 Take decisions even in a context of sustainability related dilemmas, uncertainties, contradictions and wicked problems in accordance with their values, being aware that postponing decisions and not acting is also a decision	12.2 Entscheidungen treffen, auch in einem Kontext von Nachhaltigkeitsdilemmata, Unsicherheiten, Widersprüchen und schwierigen Problemen, in Übereinstimmung mit ihren Werten, wobei sie sich bewusst sind, dass das Aufschieben von Entscheidungen und Nichtstun ebenfalls eine Entscheidung ist	P-NA3				x		

RS36	12.3 Gather information and consider various options while being open to alternatives	12.3 Informationen sammeln und verschiedene Optionen in Betracht ziehen, wobei sie offen für Alternativen sind	P-NA6			x			
------	---	--	-------	--	--	---	--	--	--

Tab. 4: Analyse BNE-Kompetenzrahmen: A Rounder Sense of Purpose – Educator competences in learning for sustainability (2019).

5. Nachhaltigkeitskompetenzen (Rieckmann 2021)

		Relevanz Zielstufe	Growth Mindset / Maker Mindset	Digital / analoge Tools	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
Kompetenz zum vernetzten Denken								
RI1	die Fähigkeit, Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen;							
RI2	Die Fähigkeit, komplexe Systeme zu analysieren;							
RI3	Die Fähigkeit, zu überlegen, wie Systeme in verschiedene Domänen und verschiedene Skalen eingebettet sind;							
RI4	Die Fähigkeit, mit Unsicherheit umzugehen	P-OFS			x			
Kompetenz zum Vorausschauenden Denken								
RI5	die Fähigkeit, multiple (mögliche, wahrscheinliche und wünschenswerte) Zukünfte zu verstehen und zu bewerten;	P-NA2			x			
RI6	Die Fähigkeit, eigene Visionen für die Zukunft zu schaffen;	P-NA6			x			
RI7	Die Fähigkeit, das Vorsorgeprinzip anzuwenden;							
RI8	Die Fähigkeit, die Konsequenzen von Handlungen zu beurteilen;	P-VA6, P-VA4			x			
RI9	Die Fähigkeit, mit Risiken und Veränderungen umzugehen	P-OFI, P-OFS			x			
Normative Kompetenz								
RI10	die Fähigkeit, die Normen und Werte zu verstehen und zu reflektieren, die den eigenen Handlungen zugrunde liegen;	P-SR2			x			
RI11	Die Fähigkeit, Nachhaltigkeitswerte, Prinzipien und Ziele im Kontext von Interessenkonflikten und Trade-Offs, unsicheren Kenntnissen und Widersprüchen zu verhandeln	P-NA3			x			

Strategische Kompetenz							
RI12	die Fähigkeit zur kollektiven Entwicklung und Umsetzung innovativer Massnahmen, die Nachhaltigkeit auf lokaler Ebene und darüber hinaus voranbringen	P-NA5			x		
Kooperationskompetenz							
RI13	die Fähigkeit, von anderen zu lernen;	S-TA5, S-US4				x	
RI14	die Bedürfnisse, Perspektiven und Handlungen anderer zu verstehen und zu respektieren (Empathie),	M-PE4, P-NA3, S-US2			x	x	x
RI15	Die Fähigkeit, andere zu verstehen, eine Beziehung zu ihnen aufzubauen und für sie empfindsam zu sein (empathische Führung);	S-US5, P-NA3			x	x	
RI16	Die Fähigkeit, mit Konflikten in einer Gruppe umzugehen;	S-TA3				x	
RI17	Die Fähigkeit, eine kollaborative und partizipative Problemlösung zu ermöglichen	S-TA6				x	
Kompetenz zum Kritischen Denken							
RI18	die Fähigkeit, Normen, Praktiken und Meinungen zu hinterfragen;	P-RS5			x		
RI19	Die Fähigkeit, die eigenen Werte, Wahrnehmungen und Handlungen zu reflektieren;	P-SR2			x		
RI20	Die Fähigkeit, sich im Nachhaltigkeitsdiskurs zu positionieren						
Selbstkompetenz							
RI21	die Fähigkeit, über die eigene Rolle in der lokalen Gemeinschaft und (globalen) Gesellschaft nachzudenken;						
RI22	Die Fähigkeit, kontinuierlich seine Handlungen zu bewerten und sich weiter zu motivieren;	P-RS4, P-RS6			x		
RI23	Die Fähigkeit, sich mit den eigenen Gefühlen und Wünschen auseinanderzusetzen	S-TA2, P-SR2			x	x	

Integrierte Problemlösekompetenz							
RI24	die übergreifende Fähigkeit, unterschiedliche Problemlösungsrahmen für komplexe Nachhaltigkeitsprobleme anzuwenden und passfähige, inklusive und gerechte Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln, die eine nachhaltige Entwicklung fördern und die oben genannten Kompetenzen integrieren	P-NA5				x	

Tab. 5: Analyse der Nachhaltigkeitskompetenzen von Rieckmann (2021).

6. Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung (KMK-BMZ 2016)

		Relevanz Zielstufe	Growth Mindset / Maker Mindset	Digital / analoge Tools	Personale Kompetenzen	Soziale Kompetenzen	Methodenkompetenzen	Fachkompetenzen
Erkennen								
KMK1	1. Informationsbeschaffung und -verarbeitung Die Schülerinnen und Schüler können Informationen zu Fragen der Globalisierung und Entwicklung beschaffen und themenbezogen verarbeiten.	P-NA1, P-NA6						
KMK2	2. Erkennen von Vielfalt Die Schülerinnen und Schüler können die soziokulturelle und natürliche Vielfalt in der Einen Welt erkennen.							
KMK3	3. Analyse des globalen Wandels Die Schülerinnen und Schüler können Globalisierungs- und Entwicklungsprozesse mithilfe des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung fachlich analysieren.	P-NA1						
KMK4	4. Unterscheidung von Handlungsebenen Die Schülerinnen und Schüler können Handlungsebenen vom Individuum bis zur Weltebene in ihrer jeweiligen Funktion für Entwicklungsprozesse erkennen.							
Bewerten								
KMK5	5. Perspektivenwechsel und Empathie Die Schülerinnen und Schüler können sich eigene und fremde Wertorientierungen in ihrer Bedeutung für die Lebensgestaltung bewusst machen, würdigen und reflektieren.	M-PE4, P-SR2			x		x	
KMK6	6. Kritische Reflexion und Stellungnahme Die Schülerinnen und Schüler können durch kritische Reflexion zu Globalisierungs- und Entwicklungsfragen Stellung beziehen und sich dabei an der internationalen Konsensbildung, am Leitbild nachhaltiger Entwicklung und an den Menschenrechten orientieren.	P-SR2, P-NA3			x			
KMK7	7. Beurteilen von Entwicklungsmassnahmen Die Schülerinnen und Schüler können Ansätze zur Beurteilung von Entwicklungsmassnahmen (bei uns und in anderen Teilen der Welt) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen erarbeiten und zu eigenständigen Bewertungen kommen.							

Handeln							
KMK8	8. Solidarität und Mitverantwortung Die Schülerinnen und Schüler können Bereiche persönlicher Mitverantwortung für Mensch und Umwelt erkennen und als Herausforderung annehmen.	P-VA4, P-VA5					
KMK9	9. Verständigung und Konfliktlösung Die Schülerinnen und Schüler können zur Überwindung soziokultureller und interessenbestimmter Barrieren in Kommunikation und Zusammenarbeit sowie zu Konfliktlösungen beitragen.	S-TA3, P-NA3			x	x	
KMK10	10. Handlungsfähigkeit im globalen Wandel Die Schülerinnen und Schüler können die gesellschaftliche Handlungsfähigkeit im globalen Wandel vor allem im persönlichen und beruflichen Bereich durch Offenheit und Innovationsbereitschaft sowie durch eine angemessene Reduktion von Komplexität sichern und die Ungewissheit offener Situationen ertragen.	P-NA5					
KMK11	11. Partizipation und Mitgestaltung Die Schülerinnen und Schüler können und sind aufgrund ihrer mündigen Entscheidung bereit, Ziele der nachhaltigen Entwicklung im privaten, schulischen und beruflichen Bereich zu verfolgen und sich an ihrer Umsetzung auf gesellschaftlicher und politischer Ebene zu beteiligen.	P-NA5, P-EI6			x		

Tab. 6: Analyse Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung (KMK-BMZ 2016).

Literatur

- Bianchi, Guia, Ulrike Pisiotis, und Marcelino Cabrera Giraldez. 2022. «GreenComp The European Sustainability Competence Framework». *JRC Publications Repository*. 12. January 2022. <https://doi.org/10.2760/13286>.
- Education21. 2016. «Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Ein Verständnis von BNE und ein Beitrag zum Diskurs». Bern. https://www.education21.ch/sites/default/files/uploads/pdf-d/bne/BNE-Verstaendnis_Langversion-mit-Quellen_2016.pdf.
- Giangrande, Naresh, Rehema M. White, May East, Ross Jackson, Tim Clarke, Michel Saloff Coste, und Gil Penha-Lopes. 2019. «A Competency Framework to Assess and Activate Education for Sustainable Development: Addressing the UN Sustainable Development Goals 4.7 Challenge». *Sustainability* (2071-1050) 11 (10): 2832. <https://doi.org/10.3390/su11102832>.
- Kultusministerkonferenz (KMK), Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). 2016. «Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung | Portal Globales Lernen». Berlin. <https://www.globaleslernen.de/de/orientierungsrahmen-lernbereich-globale-entwicklung>.
- Rieckmann, Marco. 2021. «Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ziele, didaktische Prinzipien und Methoden». *merz | medien + erziehung* 65 (4): 12–19. <https://doi.org/10.21240/merz/2021.4.7>.
- RSP-Partnership. 2019. «A Rounder Sense of Purpose. Educational Competences for Sustainable Development». <https://aroundersenseofpurpose.eu/framework/themodel/>.