
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)

1 <https://zurich.fablab.ch>.

2 <https://fablabwinti.ch>.

sowie 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.

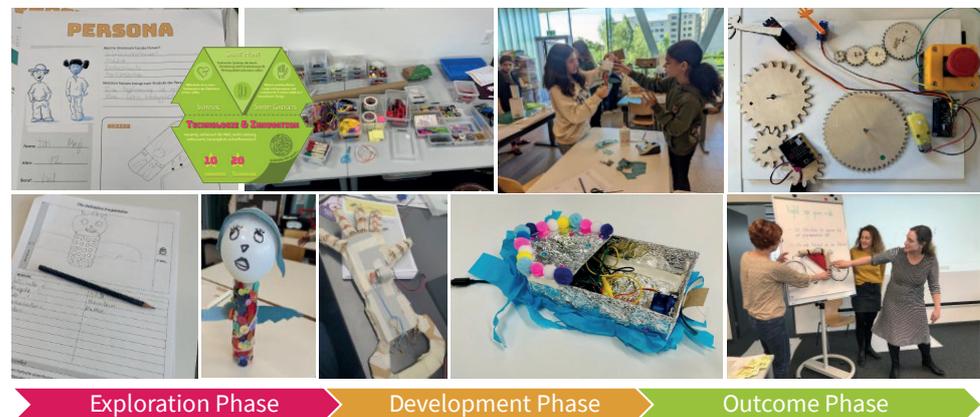


Abb. 1: Die drei Phasen des Design-Thinking Ansatzes (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

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 (Pepler 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).

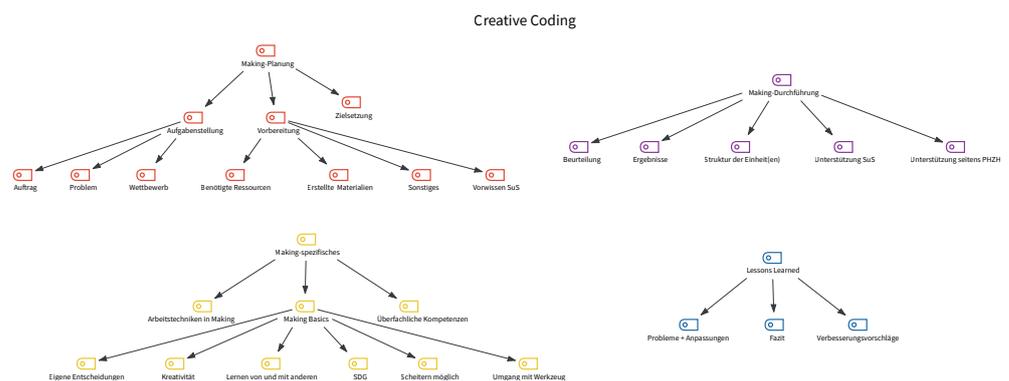


Abb. 3: Codebaum auf Basis einer qualitativen Inhaltsanalyse.

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 auszutricksen, 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, Kaffee kapseln 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/ stickern, 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.

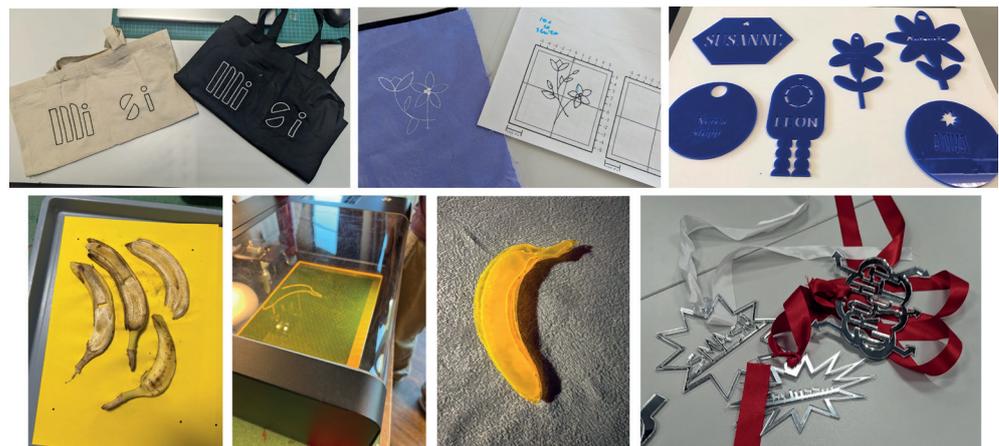


Abb. 5: 5: a-b: Projekt 1. 5c: Projekt 3. 5d-f: Projekt 5. 5g.: Projekt 4 (CC-BY-SA 4.0 «Making im Unterricht»).

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 Stickern.

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 Sticks 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 schulumfassende 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>.
- livari, 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 Heinzel, 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-Induchová, 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>.