

## Making Makers: Ein Seminarkonzept zum Educational Making in der Lehramtsausbildung im Fach Physik

Fabian Bernstein\*, Thomas Wilhelm\*

\* Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt  
[bernstein@physik.uni-frankfurt.de](mailto:bernstein@physik.uni-frankfurt.de), [wilhelm@physik.uni-frankfurt.de](mailto:wilhelm@physik.uni-frankfurt.de)

### Kurzfassung

Educational Making ist ein produktorientierter, interdisziplinärer und konstruktivistischer Ansatz, der insbesondere für die schulische MINT-Bildung neue Impulse verspricht. Um zukünftige Physiklehrkräfte zu befähigen, Making-Aktivitäten an ihren Schulen durchzuführen, wurde am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt mit Förderung durch die Joachim Herz Stiftung ein Seminarkonzept entwickelt und implementiert, das dazu dienen sollte, Lehramtsstudierende der Physik in die Prinzipien des Educational Making einzuführen. Insbesondere sollten die Studierenden a) technische Grundfertigkeiten in CAD, 3D-Druck und Mikrocontroller-Programmierung erwerben, b) Konzepte des Making praktisch kennenlernen und theoretisch reflektieren sowie c) lernen, schulische Randbedingungen bei der Planung von Making-Aktivitäten angemessen zu berücksichtigen. Die Evaluation des in drei Semestern angebotenen Seminars zeigt, dass das Seminarkonzept positiv durch die Studierenden (N = 23) aufgenommen und die angestrebten Ziele weitgehend erreicht werden konnten.

### 1. Warum Making im schulischen Kontext?

Educational Making erfährt seit geraumer Zeit neue Aufmerksamkeit – gerade im Hinblick auf die schulische Ausbildung in den MINT-Fächern – was sich in Initiativen wie dem „School Fablab-Netzwerk“ [1] oder „Make Your School“ [2] und einer zunehmenden Zahl von Makerspaces an Schulen widerspiegelt [3]. Während Akteure aus der Wirtschaft Maker Education primär unter dem Gesichtspunkt der Ausbildung von Problemlöse-, Innovations- und Teamfähigkeit diskutieren [3], regelmäßig unter Rückgriff auf den Begriff der 21st Century Skills [4] (für eine kritische Einordnung s. [5]), werden im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung Chancen insbesondere im Zusammenhang mit forschend-entdeckendem Lernen gesehen, verbunden mit der Hoffnung, mehr Schüler\*innen für Naturwissenschaften zu begeistern [6]. MakerSpaces als innovative und projektzentrierte Lernumgebungen scheinen in besonderer Weise geeignet, diese Hoffnungen einzulösen.

Ob und bis zu welchem Grad diese „Chance Makerspace“ [7] in der schulischen Praxis tatsächlich ergriffen werden kann, hängt dabei neben der materiellen Ausstattung der Schulen und Implementierung praxistauglicher Konzepte maßgeblich von der Verfügbarkeit adäquat qualifizierter Lehrkräfte ab. Dem steht allerdings entgegen, dass Making – als Klasse von Aktivitäten, in denen konkrete physische oder digitale Prototypen in einem Prozess erstellt werden, der durch Selbstorganisation, Project Ownership und Kreativität gekennzeichnet ist [8, 9] – in die universitäre Ausbildung angehender Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer vielerorts noch keinen Eingang gefunden hat.

Aus diesem Grund wurde am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt ein von der Joachim Herz Stiftung gefördertes Seminar für Studierende des Lehramtsstudiums Physik entwickelt, das sowohl technische Kompetenzen der Studierenden schulen als auch konzeptionelle Grundlagen des Making für die Arbeit mit Schüler\*innen vermitteln und so Studierende befähigen sollte, eigenverantwortlich Making-Projekte an ihren zukünftigen Schulen durchzuführen.

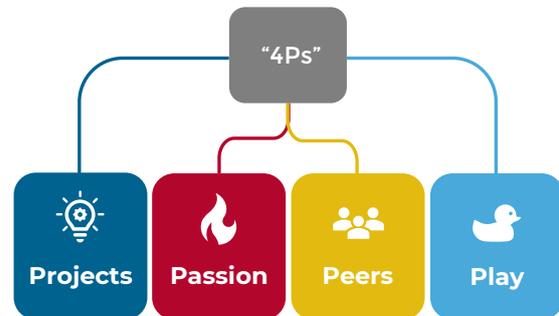
### 2. Operationalisierung des Begriffes „Making“

Die Entwicklung eines Seminarkonzeptes zum „Making“ setzt eine begriffliche Klärung voraus, was unter „Making“ verstanden werden soll und welche Konzepte und Aspekte als konstitutiv angesehen werden sollen – mithin eine Entscheidung, wie der weit gefasste Begriff des „Making“ inhaltlich ausgefüllt und konkret operationalisiert werden soll. Ein Vergleich der Begriffsbestimmungen verschiedener Autoren (siehe Tabelle 1) zeigt, dass zwischen unterschiedlichen Definitionsansätzen nur partielle Übereinstimmungen bestehen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass es sich bei diesen Definitionen um nachträgliche Abstraktionen von bestehenden, eher heterogenen Praktiken handelt [10, 11] – überspitzt gesagt, geht der „Makerspace“ und das „Making“ den Anstrengungen zu ihrer begrifflichen Bestimmung voraus. Eine genauere Analyse zeigt, dass der Begriff des „Making“ verschiedene semantische Schwerpunkte aufweist, die je nach Autor und Interessenlage unterschiedlich akzentuiert werden [3].

**Tab. 1** Definitionen des Begriffes „Making“

Definition „Making“	Autor
“Making is fundamental to what it means to be human. We must make, create, and express ourselves to feel whole.”	Hatch [12]
„Ein Maker [ist] eine Person, die etwas selbst baut, auseinandernimmt, erweitert, kreiert, (um-)gestaltet, Lösungen findet, seine oder ihre Ideen umsetzt. [...] Making ist ein Besinnen auf das, was der Mensch befähigt ist zu tun: Dinge zu bauen und Ideen umzusetzen, um seine Welt und deren Wandel mitzugestalten.“	Assaf [13]
“Making is using stuff to make stuff (that sometimes does stuff, but sometimes is just cool).”	Heroman [14]
“Make – to build or adapt objects by hand, for the simple personal pleasure of figuring out how things work.”	Honey & Kanter [15]
„Yet the origin of the Maker Movement is [...] ‘experimental play’.“	Dougherty [16]
“Making is about the active role construction plays in learning. The maker has a product in mind when working with tools and materials.”	Martinez & Stager [17]
„Selbermachen mit digitalen Technologien.“	Stilz et al. [9]
„Unter Making verstehen wir den Prozess des selbstgesteuerten und spielerischen Tüftelns mit verschiedenen analogen und digitalen Werkstoffen und Technologien, der von eigenen Ideen ausgeht und zur Konstruktion von Objekten oder Prototypen führt.“	Ingold & Maurer [18]
„Die Maker Education zielt darauf ab, Lernende dazu zu befähigen, möglichst selbstständig eigene Ideen mithilfe von analogen und digitalen Produktionsmitteln und Materialien umzusetzen.“	Ingold & Maurer [11]
“Making ist eine interessengesteuerte Verbindung von Kompetenzerwerb und Kompetenzanwendung.“	Ingold & Maurer [11]

Vielversprechender, als sich auf eine Definition festzulegen, scheint daher, sich auf charakteristische Merkmale zu konzentrieren, die generell als konstitutiv für Making-Aktivitäten angesehen werden. Für Mitchell Resnick, Nachfolger von Seymour Papert – dem Begründer des Konstruktivismus und Spiritus rector der Maker-Bewegung – am MIT, sind dies die 4Ps: „Projects“, „Passion“, „Peers“ und „Play“ (siehe Abb. 1) [19].

**Abb. 1:** Die „4Ps“ des Making nach Resnick [19]

Von zentraler Bedeutung für das „Educational Making“, also Making-Aktivitäten in formalen oder zumindest expliziten Bildungskontexten, ist zudem das Konzept der „Design Challenge“. Unter Design Challenges sind „problembasierte und teilstrukturierte Aufgaben, die selbstentdeckendes Lernen ermöglichen“ [11] zu verstehen, die in Bildungskontexten dazu eingesetzt werden, Lernprozesse zu initiieren [20]. Wesentliches Element von Design Challenges ist, dass von den drei Dimensionen Zielstellung, Material und Lösungsweg (siehe Abb. 2) mindestens eine mindestens teilweise offen bleiben muss.

**Abb. 2:** Die drei Dimensionen von Design Challenges

Diese Offenheit ist für Making-Aktivitäten generell konstitutiv: „Wenn 30 Kinder nach einer Unterrichtsstunde relativ gleiche Produkte erstellt, z. B. einen Roboter programmiert haben, ist dies eben keine typische Aktivität im Sinne der Maker-Education.“ [21] Design Challenges lassen daher immer Freiheitsgrade bei ihrer Bearbeitung, was auch entscheidend für eine Identifikation der Teilnehmenden mit der Design Challenge bzw. der von ihnen entwickelten Lösung ist [22]. Infolgedessen haben Design Challenges, anders als typische (Übungs)aufgaben in der Physik,

nicht eine richtige Lösung, sondern ermöglichen unterschiedliche Lösungen, die mehr oder weniger gelungen im Hinblick auf verschiedene Problemdimensionen sein können.

### 3. Das Seminarkonzept

Das entwickelte Seminarkonzept orientiert sich neben den 4Ps und dem Konzept der Design Challenge an dem Grundgedanken, dass für die Implementierung von Making-Aktivitäten im schulischen Kontext unter der Qualifikationsperspektive angehender Lehrkräfte drei Aspekte von besonderer Bedeutung sind: technische Skills, konzeptionelle Grundlagen sowie Einsicht in schulische Rahmenbedingungen. Mit anderen Worten: Making-Aktivitäten in der Schule erfolgreich durchführen zu können, setzt von Seiten der Lehrkräfte – so die Hypothese – zunächst voraus, verstanden zu haben, was „Making-Aktivitäten“ ausmacht und von anderen methodischen Formen unterscheidet, erfordert aber darüber hinaus die technischen Kompetenzen, Making-Aktivitäten erfolgreich umzusetzen sowie die Fähigkeit, schulische Rand- und Rahmenbedingungen angemessen zu berücksichtigen, mögliche Schwierigkeiten zu antizipieren und diesen planerisch zu begegnen.

Daneben sind eine ganze Reihe anderer Gelingensbedingungen für die Einbettung von Making-Aktivitäten im schulischen Kontext beschrieben [3, 18, 23], deren Vorliegen aber nicht im Zuge der Qualifikation von Lehramtsstudierenden im Rahmen der universitären Ausbildung sichergestellt werden kann. Das auf vierzehn Wochen angesetzte Seminarkonzept ist in fünf Blöcke unterteilt (siehe Abb. 3). Auf eine Einführung in die konzeptionellen Basics des Educational Making folgte eine Einheit zum Thema „Programmierung von Mikrocontrollern“, eine weitere zu „CAD & 3D-Druck“ sowie eine Einführung in die Verbindung von mechanischem und elektrischem Design (MCAD – ECAD), das eine Art Synthese aus den beiden vorgehenden Themenfeldern ermöglichen sollte. Abschließend wurden die im Seminar erworbenen Erfahrungen mit Blick auf die praktische Implementierung im schulischen Kontext reflektiert. Das strukturierende Prinzip der längeren Einheiten zu Mikrocontrollern und 3D-Druck war der fortschreitende Übergang von Instruktions- zu Konstruktionsphasen, wobei die Studierenden im ersten Teil (zwei Wochen) mit schrittweise komplexeren Übungsaufgaben konfrontiert waren, die teils über ein Learning Management System der Universität in Form eines

„Blended Learning“ vorgehalten wurden, um auf unterschiedliche Vorkenntnisse und Interessen der Studierenden eingehen zu können. Im zweiten Teil (drei Wochen) wurde das Konzept der Design Challenge als didaktischer Doppeldecker eingeführt: einerseits mussten die Studierenden eine Design Challenge zum jeweiligen Thema lösen, andererseits sollten sie das Prinzip der Design Challenge selbst reflektieren, um zu verstehen, wie Design Challenges für Schülerinnen und Schüler gestellt werden sollten, welche Fallstricke zu vermeiden und welche Aspekte zu bedenken sind. Jede Design Challenge wurde durch eine Präsentation abgeschlossen, in der die Studierenden die von ihnen entwickelten Lösungen vorgestellt haben. An Ausstattung stand eine FDM-3D-Druckfarm, die eigens für das Seminar am Institut aufgebaut wurde, sowie für jeden Studierenden ein Mikrocontroller-Set zur Verfügung.

### 4. Ergebnisse und „Lessons learned“

Über die Dauer von drei Semestern (Sommersemester 2022 bis Sommersemester 2023) haben insgesamt 23 Studierende des Haupt-/Realschullehramtes sowie des gymnasialen Lehramtes Physik am Making-Seminar teilgenommen. Schon während der Durchführung der Lehrveranstaltung zeichnete sich ab, dass die ursprüngliche Planung in einigen Teilen überarbeitet werden musste:

- Die Beschäftigung mit den konzeptionellen Grundlagen des Making ist am Anfang des Seminars mangels eigener Erfahrung der Studierenden mit Making und Makerspaces nicht sinnvoll. Making ist ein Konzept, das sich am besten im Nachvollzug, das heißt: auf der Grundlage eigener Erfahrungen, erschließt. Daher wurde diese theoretische Einheit bei späteren Durchgängen zwischen den Themenfeldern „Mikrocontroller“ und „CAD & 3D-Druck“ platziert.
- Die Einarbeitung sowohl in die Programmierung von Mikrocontrollern als auch CAD und 3D-Druck ist für viele Studierende nicht trivial und erfordert mehr als drei Zeitstunden. Daher wurde das Themenfeld ECAD-MCAD in späteren Durchgängen in die Hausarbeiten verlegt, um zusätzlichen Raum für die Einführungen bzw. die Design Challenges zu gewinnen.

Darüber hinaus wurden verschiedene Evaluationsmaßnahmen eingesetzt, um Stärken und Schwächen der Seminarkonzeption zu identifizieren. Neben der

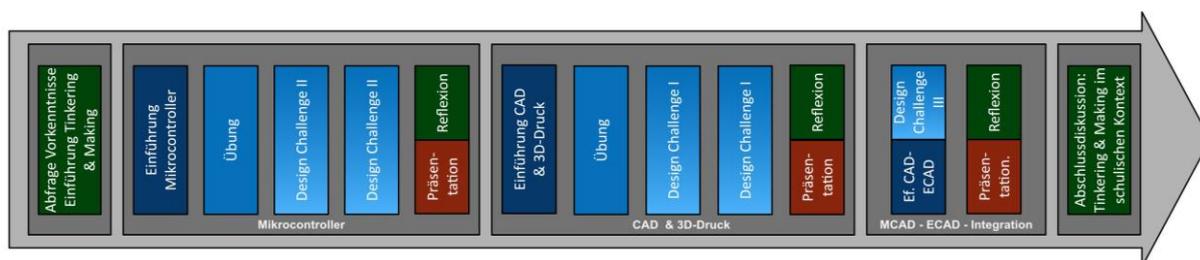


Abb. 3: Ursprüngliche Ablaufplanung des Seminars

universitätseigenen Evaluation wurde eine Kurzbefragung am Ende der Themenblöcke „Programmierung von Mikrocontrollern“ und „CAD und 3D-Druck“ in Form einer kurzen schriftlichen Befragung mit offenen und geschlossenen Items durchgeführt. Die geschlossenen Items wurden mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala mit den Endpunkten „stimme überhaupt nicht zu“ (= 0) und „stimme voll und ganz zu“ (= 5) bewertet (siehe Abb. 4).

Deutlich wird, dass die Studierenden einerseits die einzelnen Seminarbausteine überwiegend als hilfreich empfunden haben und positiv bewerten, andererseits aber auch, dass die Selbstwirksamkeitserwartung zur Durchführung von Projekten mit Schülerinnen und Schülern nur begrenzt ausgeprägt ist. Dies hängt, wie in Gesprächen mit den Studierenden deutlich geworden ist, nicht zuletzt mit dem Bewusstsein zusammen, dass die gleichzeitige Betreuung mehrerer unterschiedlicher Making-Projekte anspruchsvoll ist und Debugging und Troubleshooting mit Schülerinnen und Schülern eine hohe eigene Sicherheit im Umgang mit den jeweiligen Technologien voraussetzen. Dieses Problem ist bekannt und in der Literatur beschrieben [13]. Einerseits kann dem durch verschiedene Maßnahmen der Komplexitätsreduktion (bspw. Beschränkung der Hardware, Software oder anderer Ressourcen) entgegengewirkt werden, andererseits liegt hierin aber auch die für manche Lehrkraft ungewohnte Herausforderung, in Situationen zu geraten, in denen sie die Antworten auf Fragen von Schülerinnen und Schülern selbst nicht kennt und diese Fragen auch nicht – oder zumindest nur sehr begrenzt – antizipieren kann. Dies ist als Kontrast zu eher instruktionalen Lernsettings zu sehen, in denen Lehrkräfte es in der Regel nicht mit derartigen Schwierigkeiten zu tun bekommen [4].

In den offenen Items sollten die Studierenden für jeden Themenblock angeben, was ihnen gefallen hat und welche Verbesserungen sie sich gegebenenfalls gewünscht hätten. Positiv äußerten sich die Studierenden zu den offenen Aufgabenstellungen, dem innovativen Charakter des Seminars, der Möglichkeit, Aufgaben, die dem eigenen Lernstand entsprechen,

zu wählen und der intrinsischen Motivation, die sich aus dem vergleichsweise selbstbestimmten Lernsetting ergeben. Kritisch angemerkt wurden in erster Linie die begrenzt zur Verfügung stehende Zeit sowie das manchmal (zu) hohe Tempo der Einführungen.

Rückblickend zeigt sich, dass das Seminarkonzept als solches aufzugehen scheint, dass aber der Umgang mit den außerordentlich heterogenen Voraussetzungen der Studierenden – die Spanne reichte von Studierenden, die noch nie mit Coding oder 3D-Druck in Berührung gekommen waren, bis hin zu Studierenden mit Zweitfach Informatik und Vorerfahrungen im CAD – erhebliche Herausforderungen für die Durchführung des Seminars mit sich brachte, da gemeinsame Instruktionsphasen nur begrenzt möglich waren. Für eine Weiterentwicklung des Konzeptes unter vergleichbaren Rahmenbedingungen sollte daher über die Bereitstellung weiterer unterstützender Maßnahmen nachgedacht werden, um einer potenziellen Überforderung weniger leistungsstarker Studierender entgegenzuwirken. Auch könnte der Einsatz von „Peer Teaching“, das sich quasi von selbst im Seminar eingestellt hat, vorab systematischer gedacht werden.

Darüber hinaus könnte als Maßnahme zur Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden die Umsetzung von Maker-Aktivitäten an einem an vielen Universitäten vorhandenen Lern-Lehr-Labor mit Schülerinnen und Schülern eingeübt werden. An der Goethe-Universität Frankfurt wird aus dieser Erwägung heraus zum Sommersemester 2024 ein Seminar zum Thema „Making im Schülerlabor“ angeboten, das die Übernahme von Making-Aktivitäten in die schulische Praxis weiter begleiten und erleichtern soll.

## 5. Literatur

- [1] Homepage des Projektes „Make Your School“: <https://makeyourschool.de/> (Stand 05/2024)
- [2] Homepage der Initiative „School Fablab“ der Hochschule Rhein-Waal: <https://www.school-fablab.de/> (Stand 05/2024)



Abb. 4: Ergebnisse der Kurzevaluation

- [3] Maurer, B., & Ingold, S. (2023). Making als Bildungsinnovation: Gelingensfaktoren aus Sicht der Schulentwicklung. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 56 (Making & more), S. 37–68. <https://doi.org/10.21240/mpaed/56/2023.12.02.X>
- [4] Merz, T. (2019). Großes Potential für Schulen der Zukunft. MakerSpaces ermöglichen und erfordern neue Lernformen und Schulentwicklung. In: Ingold, S., Maurer, B. & Trüby, D. (Hrsg.): *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed, S. 33-44.
- [5] Schmid, L. (2019). Menschzentriert–Kollaborativ–Handlungsorientiert. Design-Ansätze für die Primarschule des 21. Jahrhunderts. *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed, S. 19-32.
- [6] Vossoughi, S. & Bevan, B. (2014). Making and Tinkering: A Review of the Literature. National Research Council Committee on Out of School Time STEM.
- [7] Ingold, S., Maurer, B., & Trüby, D. (2019). *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed.
- [8] Harris, E., Winterbottom, M., Xanthoudaki, M., Calcagnini, S. & De Puer, I. (2017). Tinkering. A practitioner guide for developing and implementing tinkering activities.
- [9] Stilz, M. Ebner, M. & Schön, S. (2020). Maker Education. Grundlagen der werkstatorientierten digitalen Bildung in der Schule und Entwicklungen zur Professionalisierung der Lehrkräfte. In: Martin R. & Simone H. (Hrsg.): *Digital?! Perspektiven der Digitalisierung für den Lehrerberuf und die Lehrerbildung*. Münster: Waxmann, S. 143-159.
- [10] Blikstein, P. (2018). Maker movement in education: History and prospects. *Handbook of technology education*, S. 419-437.
- [11] Ingold, Selina & Maurer, Björn. (2020). MakerSpace - Raum für Kreativität. Ein Design-Based Research-Projekt zur partizipativen Entwicklung einer Making-Lernumgebung in einer Primarschule. Teil 2: Maker Education - Anliegen, Prinzipien, Praxis. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33324.49288>
- [12] Hatch, M. (2013). *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers* (1. Aufl.), Mc Graw-Hill.
- [13] Assaf, D. (2019). Die Musterlösung liegt nicht bei - Best Practices zur Umsetzung von open-ended Maker-Projekten. In: Ingold, S., Maurer, B. & Trüby, D. (Hrsg.): *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed, S. 263-273.
- [14] Heroman, C. (2019). Making and Tinkering With STEM: Solving Design Challenges With Young Children. National Association for the Education of Young Children.
- [15] Honey, M., & Kanter, D. (2013). *Design-Make-Play: Growing the next generation of science innovators*. New York: New York Hall of Science, S. 4.
- [16] Dougherty, D. (2013). The Maker Mindset. In M. Honey, & D. E. Kanter (Hrsg.), *Design. Make. Play. Growing the Next Generation of STEM Innovators*. Routledge, S. 7-16.
- [17] Martinez, S. L., & Stager, G. (2013). *Invent to learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Torrance: Constructing Modern Knowledge Press.
- [18] Ingold, S. & Maurer, B. (2019). Making in der Schule. Reibungspunkte und Synergieeffekte. In: Ingold, S., Maurer, B. & Trüby, D. (Hrsg.): *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed, S. 59-86.
- [19] Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. MIT press.
- [20] Crichton, S. E. & Carter, D. (2017). Taking Making into the Schools: An Immersive Professional Development Approach. In: I. Management Association (Hrsg.), *Educational Leadership and Administration: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, S. 1712-1740. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1624-8.ch078>
- [21] Schön, S., Narr, K., Grandl, M., & Ebner, M. (2019). Making mit Kindern und Jugendlichen. Einführung und ausgewählte Perspektiven. In: Ingold, S., Maurer, B. & Trüby, D. (Hrsg.): *Chance MakerSpace. Making trifft auf Schule*. München: kopaed, S. 45-58.
- [22] Clapp, E. P., Ross, J., Ryan, J. O., & Tishman, S. (2016). *Maker-centered learning : empowering young people to shape their worlds*. Jossey-Bass.
- [23] Ingold, Selina & Maurer, Björn. (2021). MakerSpace - Raum für Kreativität. Ein Design-Based Research-Projekt zur partizipativen Entwicklung einer Making-Lernumgebung in einer Primarschule. Teil 6: Making und Schule – Synergien, Reibungspunkte, Handlungsbedarf. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15683.73760>