

# FabLab

---

*Bonny Brandenburger und Maximilian Voigt*

## Definition

Als FabLabs bezeichnen sich neue Formen von Infrastrukturen und Werkstätten, die für die Öffentlichkeit zugänglich und mit modernen sowie traditionellen Werkzeugen und Maschinen ausgestattet sind. *Fab* geht zurück auf das englische *fabrication* (Gershenfeld 2008), das mit »Herstellung, Fertigung, Fabrikation« übersetzt werden kann, und hat seinen etymologischen Ursprung im lateinischen *fabrica*, das im engeren Sinn die Werkstatt eines Künstlers bezeichnet, der mit harten Materialien arbeitet (Lewis und Short 2020). Im zweiten Bestandteil des Kompositums, *lab*, steckt das lateinische *labor*, das »Arbeit«, aber auch »Mühe, Anstrengung, Schinderei« bedeutet und metonymisch zusätzlich mit »Frucht der Arbeit« übersetzt werden kann (ebd.). Im Deutschen sind FabLabs auch als »Fabrikationslabore« bekannt. Kern ihres Selbstverständnisses ist es, unterschiedliche Fach- und Interessengruppen zusammenzuführen und Raum für Zusammenarbeit zu schaffen. Dazu gehört auch das Entwickeln, Teilen und Transformieren von Wissen und von Technologien mit lebensweltlichem, praktischem Bezug. Das macht FabLabs zu Orten transdisziplinären Lernens und Arbeitens.

FabLabs erlauben die Anfertigung individualisierter Einzelstücke oder nicht mehr verfügbarer Ersatzteile (*Rapid Manufacturing*). Dabei arbeiten Akteurinnen\* zusammen, die unterschiedliche Hintergründe und Interessen vertreten, darunter Bereiche wie Design, Ingenieurwesen, Architektur, Stadtplanung, Biologie, Handwerk, Softwareentwicklung, Kunst und Pädagogik. Eine typische Ausstattung besteht neben gängigen Handwerkzeugen aus 3D-Druckern, Laser-Cuttern und anderen CNC-Maschinen, mit deren Hilfe Materialien und Werkstücke bearbeitet werden können – ganz nach dem Motto *make almost everything*. Neben ihrer praktischen Ausrichtung kennzeichnen sich FabLabs auch durch Kooperationen mit Bildungseinrichtungen (darunter Schulen, Hochschulen) und Open-Hardware-, Open-Source- und Do-it-yourself-Communities aus. Die Akteure\* in den Werkstätten – auch »Maker« genannt – verstehen sich als Teil einer Graswurzel-Bewegung, »die Menschen befähigt, kompetent mit Technolo-

gie umzugehen und vom passiven Konsumenten zum selbstbewussten Produzenten zu werden» (Bergner 2017: 5).

Durch den Nährboden eines sozial-technologischen Klimas, aber auch durch die weitgehend offene Begriffsdefinition und das öffentlichkeitswirksame Engagement in den USA nahm die Entwicklung der FabLabs weltweit Fahrt auf. Inzwischen existieren in vielen großen Städten weltweit Einrichtungen dieser Art (Berger 2017). Neben FabLab nennen sie sich Maker- oder Hackerspace oder tragen individuelle Bezeichnungen. Es sind Werkstätten oder Treffpunkte, die sich zwar unter ähnlichen Begriffen einordnen und gemeinsame Werte teilen, aber in Bezug auf ihre Struktur, auf die zur Verfügung stehenden Technologien und auf ihre inhaltliche Ausrichtung und Zielsetzung sehr verschieden ausfallen. Deswegen werden sie auch allgemeiner der »Makerbewegung« oder »Hackerbewegung« zugeordnet (Berger 2017, Katterfeldt 2013). Die Werkstätten sehen sich einerseits als Lernorte, und ihre edukativen Aktivitäten werden auch unter dem Begriff »Maker Education« verhandelt. Andererseits begreifen sie sich als dezentrale Produktions- oder wirtschaftlich orientierte Innovationsstätten (Simons 2016). Konkrete Zielangaben werden häufig bewusst vermieden. Das Selbstverständnis der frei nutzbaren Infrastruktur steht im Mittelpunkt. Das macht die Werkstätten instrumentalisierbar.

Für die transdisziplinäre Didaktik sind insbesondere die Werkstätten relevant, die Partizipation und Selbstorganisation als *erklärtes Ziel* formulieren. Hier geht es weniger um Infrastrukturen als vielmehr um Begegnungsstätten und Kommunikationsräume. Nicht der Output – die Produktion oder Entwicklung von Ideen oder Gegenständen – steht im Zentrum –, sondern der Prozess der Zusammenarbeit. Diesen Zusammenhang soll der in Deutschland entstandene Begriff der »Offenen Werkstatt« hervorheben (Sipos 2021). Er rückt die Eigenschaft in den Mittelpunkt, »offen« für die Allgemeinheit zu sein. Offenheit beschränkt sich nicht auf den Zugang, sondern umfasst eine vielschichtige Philosophie: Im Zentrum steht die Möglichkeit, an der institutionellen Struktur und der Entwicklung des Ortes partizipativ mitzuwirken. Damit ist die Bereitschaft gemeint, den organisationalen und infrastrukturellen Zusammenhang an die Bedarfe der Community anzupassen, also an das Netzwerk der Menschen, die sich durch eine gemeinsame Praxis und einen geteilten Ort einander zugehörig fühlen. Das schließt das Vorhandensein von Formaten, Regelwerken oder institutionellen Formen der Teilhabe ein, durch die die Community-Mitglieder in einem Anpassungs- und Transformationsprozess aktiv werden können. Die Basis bilden informationelle Transparenz und die Auffassung, dass die Infrastruktur sowie das gemeinsam geschaffene Wissen Gemeingut der nutzenden Gruppe sind.

## Problemhintergrund

Der Anfang gemeinschaftlich organisierter Werkstätten liegt in der Do-it-yourself-Bewegung sowie in der Arts and Crafts Movement des späten 19. Jahrhunderts (Bergner 2017: 5-7). Nach dem Niedergang des Handwerks und der Entwicklung hin zu einer arbeitsteiligen Gesellschaft, aber auch durch die Zerstörung von Infrastrukturen durch den Zweiten Weltkrieg, entwickelte sich die Notwendigkeit, eigenhändig tätig zu werden, fehlende Güter zu produzieren und Infrastrukturen aufzubauen. Auch die Emanzipation und Neuverortung des Individuums in einer hochgradig industriellen Gesellschaft war ein Anliegen.

Diese Entwicklung war insbesondere in den 1960er Jahren mit dem Aufkommen von Kultur- und Bürgerzentren zu beobachten, in denen sich Anwohnerinnen\* trafen, um gemeinsam Freizeitbeschäftigungen nachzugehen, ohne dabei dem Druck zu unterliegen, etwas professionell produzieren zu müssen (Sipos 2021). Dabei war das Thema Bildung, insbesondere in Form der Selbstbildung, immer ein Bestandteil. Schon in den 1950er Jahren entstanden in der Deutschen Demokratischen Republik erste Werkstätten, wie die *Stationen Junger Naturforscher und Techniker*, die in erster Linie als edukative Einrichtungen der Förderung technisch-technologischer Kompetenzen dienten. Mit der Ausweitung der Do-it-yourself-Bewegung wuchs die Zahl gemeinschaftlicher Treffpunkte, die oft auch von öffentlichen Einrichtungen unterstützt oder gefördert wurden (Sipos 2021). Eine der ältesten, mit zahlreichen Gewerken ausgestatteten Offenen Werkstätten ist das Münchener Haus der Eigenarbeit (HEi), das heute noch existiert. Die 1987 eröffneten Werkräume dienen dem Ziel, die Autonomie der Bürger\* zu stärken, indem sie die Realisierung und Erprobung eigener sowie kollektiver Ziele und Bedarfe ermöglichen (Sipos 2021).

Dieser Habitus gelang durch Entstehung und Verbreitung von Hackerspaces in den 1990er Jahren in zunehmend breitere gesellschaftliche Bereiche. Sie hatten das Teilen von Wissen – insbesondere in Bezug auf Rechnersysteme –, aber auch den sozialen Austausch, die Vermittlung von technisch-technologischen Kompetenzen sowie die (netz)politische Auseinandersetzung zum Ziel. Weltweite Verbreitung fanden Offene Werkstätten schließlich durch die Initiative Neil Gershenfelds am Massachusetts Institute of Technology (MIT), der 2003 eine experimentelle Lehrveranstaltung unter dem Titel *How to Make Almost Anything* (Gershenfeld 2012) anbot. Der für eine kleine Gruppe geplante Kurs bildete den Ausgangspunkt für zahlreiche weitere Aktivitäten, unter anderem für die Konzeptionierung und Gründung des ersten FabLabs (Blikstein 2013).

So wie viele öffentlich zugängliche Orte befinden sich Offene Werkstätten in einem politischen Spannungsfeld zwischen wirtschaftlich und sozial ausgerichteten Interessen (Simons 2016). So geht es auf der einen Seite um Aspekte der offenen Innovation (*Open Innovation*), die für zukünftige Technologien und wirt-

schaftlich nutzbare Entwicklungen heute als besonders vielversprechend gelten. Orte mit diesem teleologischen Schwerpunkt sind unternehmensnah: Ihr Fokus liegt auf der Entstehung von Produkten in Form von Ideen, Konzepten oder physischen Objekten. Auf der anderen Seite steht das Konzept der *Commons* (Helfrich 2015), das den Prozess des Teilens von Wissen und Werkzeugen – jenseits von Markt und Staat – als gemeingutorientierte, selbstorganisierte Praxis versteht. Werkstätten mit diesem zentralen Zielhorizont verstehen sich – nach dem Vorbild der Bibliotheken – als öffentliche Einrichtungen mit edukativem Schwerpunkt. Dabei existiert in der Regel ein lebensweltlicher und transformativer Bezug, indem demonstriert wird, wie aus Altem wieder Neues und aus Defektem wieder Funktionierendes entsteht, wie sich Produktlebenszeiten verlängern lassen, wie stoffliche Ressourcen und Energie einzusparen und wie aus Restgegenständen neue Alltagsgüter (Re-Use und Up-Cycling) herstellbar sind (Lange 2016: 39).

Trotz vieler Überschneidungen unterscheiden sich die zu bewerkstelligenden Probleme oder Herausforderungen der Werkstätten abhängig vom Ansatz. Neben der Finanzierung betrifft dies organisatorische Aspekte – darunter die Ordnungssysteme und die Regelung des Zugangs – sowie den Aufbau und den Erhalt von Gemeinschaft (Community). Dabei lassen sich die folgenden erfahrungsbasierten Zusammenhänge erkennen: Je stärker Selbstorganisation und Beteiligung seitens der Community kultiviert werden, desto stärker ist die Tendenz zur Anarchie. Dagegen sinken Gemeinschaftsgeist und Kreativität bei zunehmender Fremdbestimmung. Diese Problemfelder existieren auch beim Aufbau von Offenen Werkstätten im Kontext von Hochschulen. Hinzu kommen Herausforderungen, die bei der Integration der Werkstätten in die Hochschulstruktur entstehen. Experimentierräume können sich nur entfalten, wenn sie in bestehende Prozesse eingebettet sind und wenn ihnen Autarkie zugebilligt wird. Hier braucht es Anreizsysteme und Etablierungskonzepte, die die Komplexität und Autonomie dieser Orte anerkennen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass vorgelagerte Strukturen aufgeprägt werden.

Bei der Einbettung von Angeboten Offener Werkstätten in den Hochschulbereich werden insbesondere sechs Problemfelder relevant (Nagle 2020).

(1) Organisations- und Personalmodelle: Bei Räumlichkeiten mit starkem Durchfluss und hohen Freiheitsgraden fallen zahlreiche Aufgaben an, die entweder durch umfangreiches Servicepersonal oder durch den Aufbau einer durch Ownership geprägten Community abgefangen werden müssen. Auch die Automatisierung des Zugangs spielt hier eine zentrale Rolle.

(2) Reibungsmomente zwischen traditionellen und transformativen Herangehensweisen (etwa hierarchisch vs. agil).

(3) Strategien und Regeln: Die Nutzung der Infrastruktur sollte durchdacht und durch Regeln strukturiert sein, die von der Community entwickelt wurden und für Nutzerinnen\* sichtbar sind, um die Gratwanderung zwischen kreativem Chaos und Unmut erfolgreich zu bewältigen.

(4) Sicherheit: Je stärker Barrieren bei der Anwendung von Maschinen und Werkzeugen abgebaut werden, desto häufiger treten Fragen der Haftung und der Sicherheit auf. Dennoch ist es notwendig, Freiheiten zu schaffen, da die Eigenarbeit (von Laien) ein essenzieller Aspekt Offener Werkstätten ist.

(5) Sichtbarkeit des Impacts: Um die oft unüblichen Herangehensweisen und offenen Infrastrukturen zu rechtfertigen, wird es erforderlich, deren Wirkung und Wirksamkeit sichtbar zu machen, was bei prozessorientierten Räumen allerdings schwer messbar ist.

(6) Selbstbestimmung: Der Aufbau einer kommunikativen und selbstgesteuerten Atmosphäre stellt eine besondere Herausforderung dar.

## Debatte und Kritik

Offene Werkstätten bergen ein vielseitiges Bildungspotenzial, das in verschiedenen wissenschaftlichen Studien innerhalb und außerhalb des Hochschulsektors erörtert wurde (Rosenbaum und Hartmann 2017, Erpenbeck et al. 2017: 270). Das *Hochschulforum Digitalisierung* bezeichnet diese performativen Räume sogar als Schlüsselinnovation für den tertiären Bildungsbereich (Hochschulforum Digitalisierung 2016: 49). Aufgrund ihres offenen, projektbasierten und kooperativen Lerncharakters schlagen Offene Werkstätten eine Brücke zwischen Hochschulen, Industrie und Gesellschaft (Colegrove 2016, Pernia-Espinoza et al. 2017). Sie ermöglichen eine techniknahe Umgebung für den Wissenstransfer zwischen den und außerhalb der disziplinären Hochschulgrenzen. Genau deshalb sind sie ein idealer Möglichkeitsraum zur Umsetzung transdisziplinärer Didaktik.

Für den Hochschulkontext wurde nachgewiesen, dass das Lernen in Offenen Werkstätten einen positiven Einfluss auf Teamkommunikation, Selbstwirksamkeit, individuelles Lernverständnis und Studienergebnisse insgesamt ausübt (Andrews und Roberts 2017, Hilton 2018, Tomko 2018). Zudem zeigen Studien, dass offene Lernorte sogenannte *21st Century Skills* fördern, darunter kritisches Denken und Problemlösefähigkeit (Schulz 2018: 63, Rayna et al. 2020: 2). Neben der Vermittlung von Fachwissen sind genau diese Kompetenzen im Kontext neuer Bildungskonzepte zunehmend von Interesse, da sie auf die Zukunft der Lebens- und Arbeitswelt vorbereiten. Insgesamt werden Studierende ermutigt, partizipa-

torisch aktiv zu werden und die Kontrolle und die Verantwortung für ihren eigenen Lernprozess zu übernehmen (Martinez und Stager 2013).

Damit ergeben sich allerdings Herausforderungen und weiterhin offene Problemfelder. Die Lernenden müssen bereit sein, Autonomie und Selbstbestimmung zu üben. Dieses Denken wird allerdings in einer traditionell auf instruktivistische Lehrformate ausgelegten Hochschulbildung nicht immer hinreichend gefördert. Offene Werkstätten erfordern Informalität: Hierarchien und bürokratische, matrixförmige Organisationsstrukturen spielen eine untergeordnete Rolle. Die offene Struktur steht wiederum im Konflikt zu traditionellen Formaten der Lehr- und Lernevaluation, etwa standardisierten, schriftlichen Tests. Daraus ergibt sich zusätzlicher Forschungsbedarf, insbesondere im Kontext der Kompetenzfeststellung. Durch die Nähe zu digitalen Fabrikationstools und zu den damit verbundenen technischen Fähigkeiten wird das Wirkungsfeld Offener Werkstätten oft im Kontext der MINT-Studiengänge gesehen, wie anhand systematischer Literaturrecherche nachgewiesen wurde (Rosenbaum und Hartmann 2017). Bisher existieren nur wenige untersuchte Fälle, in denen Offene Werkstätten auch in anderen Fachdisziplinen, insbesondere im sozialwissenschaftlichen Lehrcurriculum, Anwendung finden. Im Rahmen von Lehrkonzepten wird der Fokus zudem auf das Ergebnis gelegt – das Erlernen von konkreten Tools und Fertigkeiten sowie die Erstellung eines anfassbaren Endprodukts (Rosenbaum und Hartmann 2017). Dabei ist insbesondere der Lernprozess, der sich unter anderem durch die Attribute der Iteration, Teamarbeit, positiven Fehlerkultur und Selbstbestimmung kennzeichnet, wertvoll und auch in anderen Fachdisziplinen anwendbar (Halverson und Sheridan 2014, Lande und Jordan 2014, Litts 2015). Es fehlt an didaktischen Lehr- und Lernkonzepten mit inter- und transdisziplinärem Ansatz. Insbesondere der diversifizierte Austausch innerhalb verschiedener Alters- und Fachgruppen ist ein Kernmerkmal Offener Werkstätten und sollte stärker als Umsetzungschance transdisziplinärer Didaktik reflektiert werden.

## Formen didaktischer Umsetzung

Die Konzepte der Maker Education und des makerzentrierten Lernens sind im Forschungskontext ein kaum untersuchtes Phänomen, obwohl eine Reihe von Institutionen und Plattformen existiert, die das Bildungspotenzial erkannt haben und im Forschungsbereich etabliert sind. Dies trifft in erster Linie auf das Massachusetts Institute of Technology (MIT) zu, das 2009 die Fab Foundation mitbegründete. Das MIT gehört zugleich der Higher Education Makerspaces Initiatives (HEMI) an, einer gemeinsamen Initiative führender Universitäten, die sich der Untersuchung von Herausforderungen und Potenzialen Offener Werkstätten im tertiären Bildungssektor widmen. In eine ähnliche Richtung weist das

Transformative Learning Technologies Lab der Columbia Universität, das sich unter Leitung von Paulo Blikstein mit der übergeordneten Fragestellung auseinandersetzt, wie neue Technologien das Lernen transformieren. Eine weitere Austauschplattform zu aktuellen Forschungsergebnissen und -konzepten zum makerzentrierten Lernen bietet auf globaler und europäischer Ebene die Konferenz *Fab Learn (Europe)*, die jährlich internationale Wissenschaftlerinnen\* an der Schnittstelle zwischen Making und Bildung vereint. Darüber hinaus existieren eine Reihe von Studienprogrammen und Lehrveranstaltungen, in deren Rahmen das makerzentrierte Lernen als pädagogischer Ansatz in die Lehre integriert wird, darunter das Programm *Designful Innovation* der Fachhochschule Rotterdam, die Lehrveranstaltung *Principles of Digital Fabrication* der Universität Oulu (Finnland), das Masterprogramm *Design for Emergent Futures* am Institut für fortgeschrittene Architektur Kataloniens in Barcelona, die Lehrerausbildung\* im primären und sekundären Bildungsbereich an der Pädagogischen Hochschule St. Gallen, die Lehrveranstaltung *Eingebettete Systeme* an der Fachhochschule West-Ruhr und der Wahlkurs *Bioökonomie* der Universität Potsdam.

Neben den praktischen Umsetzungsszenarien an Hochschulen existieren theoretisch-konzeptionelle Herangehensweisen, die das Lernen in Offenen Werkstätten zu formalisieren suchen. Der theoretische Ursprung des Konzepts Maker Education (Clapp et al. 2016) liegt insbesondere im Konstruktivismus (Piaget 1956) und im Konstruktionismus (Papert 1991) begründet. Aus dieser Perspektive wird Lernen als Ergebnis mentaler Umstrukturierungs- und Verarbeitungsprozesse betrachtet: Lernende interpretieren die Informationen und die Welt entlang ihrer persönlichen Realität. Neue Informationen werden in die aktuelle Struktur des Wissens, Verstehens und Könnens der Individuen integriert (Gardner und Thielen 2015: 54-55). In Abgrenzung zum Behaviorismus und Kognitivismus wird der Lernende nicht als passiver Rezipient, sondern als aktiver Hauptakteur im Lernprozess verstanden. Die Lernwege sind deshalb individuenspezifisch und kontext-abhängig (Erpenbeck und Sauter 2013: 39, Lave und Wenger 1991). Wray und Lewis (2005) stellen vier Hauptaspekte der konstruktivistischen Lerntheorie vor: Lernen ist (1) ein Prozess der Interaktion zwischen dem, was bekannt ist, und dem, was gelernt werden soll. Lernen ist außerdem (2) ein sozialer, (3) ein situativer und (4) ein metakognitiver Prozess. Neben diesen Aspekten werden beim maker-zentrierten Lernen konzeptionelle Parallelen zu den Schritten des erfahrungsbasier-ten Lernzyklus nach Kolb (2014) und der Design-Thinking-Methode ersichtlich (Brandenburger und Vladova 2020).

Der Einbezug Studierender in das Lernen unterliegt mehreren Herausforderungen. So bedarf es eines losen strukturierten Prozesses, in dem hinreichend Raum für die offene, interessengeleitete Ideenfindung und Prototypenentwicklung bleibt (Kaar und Stary 2019: 920). Zudem bilden Selbstbestimmtheit, kooperativer Pluralismus, spielerisches Experimentieren und eine positive Fehlerkultur

notwendige Rahmenbedingungen für das maker-zentrierte Lernen (Robben und Dittert 2016: 1-6, Erpenbeck et al. 2017: 258, Kaar und Stary 2019: 922).

Zur Orientierung bei der Gestaltung von Lehr- und Lernkonzepten in Offenen Werkstätten haben Kaar und Stary (2019: 920) ein erstes Lernprozessmodell entwickelt. Für die Umsetzung transdisziplinärer Lehrformate sind diese ersten Formalisierungsbemühungen hilfreich, da sie die Erfassung des Maker-Education-Konzepts erleichtern. Bei der Projekt- und Aufgabenkonzeption können lebenswirkliche sowie gesamtgesellschaftlich relevante Bezüge entstehen. Zudem ist es möglich, bei der Zusammensetzung der Projektteams außeruniversitäre Akteure in den Ideenfindungs- und Gestaltungsprozess einzubeziehen und transdisziplinäre Perspektiven zu stärken. In der Reflexionsphase diskutieren die Lernenden ihr eigenes Handeln und den generierten Mehrwert für die Gesellschaft.

Der Überblick zeigt, dass im Zuge der Transformation hin zu einer »Gesellschaft der Singularitäten« (Reckwitz 2020) die starre Trennung von Institutionen und Fachbereichen nicht zeitgemäß ist. Technologie findet in allen Lebensbereichen Anwendung und prägt gesellschaftliche Entwicklung entscheidend. Dies sollte sich auch im Bildungsbereich abbilden. Offene Werkstätten bieten einen vielversprechenden Knotenpunkt, indem sie Technologie, formale Bildung und zivilgesellschaftliches Engagement verknüpfen. Sie erlauben ein kooperatives und zeitgemäßes Lernen in einer anwendungs- und realitätsnahen Umgebung, die durch einen hohen Grad an Austausch, Partizipation und Offenheit gekennzeichnet ist. Institutionelle und disziplinäre Grenzen weichen einer an gesamtgesellschaftlichen Fragestellungen orientierten pluralistischen Projektarbeit. Gleichzeitig finden informatische und ingenieurwissenschaftliche Komponenten (darunter niederschwellige Programmierung und CAD-Modellierung) durch eine technologienahe Lernumgebung Einzug in andere Fachbereiche. Hier werden Kompetenzen vermittelt, die im Spannungsfeld der Digitalität dringend benötigt werden (Rayna 2020: 13). Offene Werkstätten liefern damit eine zentrale Infrastruktur für einen ganzheitlichen, emanzipatorischen Gestaltungsprozess.

## Literatur

### Zur Einführung empfohlene Literatur

Bergner, Anne. 2017. *Make-Design-Innovate. Das Potential des Maker-Movements für Innovation, Kreativwirtschaft und Unternehmen*. Coburg: Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg.

Lange, Bastian, Valentin Domann und Valerie Häfele. 2016. *Wertschöpfung in offenen Werkstätten. Eine empirische Befragung offener Werkstätten in Deutschland*. Berlin: IÖW.

Litts, Breanne. 2015. *Making learning. Makerspaces as learning environments*. Madison: University of Wisconsin-Madison.

## Zitierte und weiterführende Literatur

Andrews, Deborah und Dustyn Roberts. 2017. Academic makerspaces. *Proceedings of the 35th ACM International Conference on the Design of Communication – SIGDOC '17: the 35th ACM International Conference*, Hg. Rebekka Anderse, 1-7. New York: ACM Press.

Bergner, Anne. 2017. *Make-Design-Innovate. Das Potential des Maker-Movements für Innovation, Kreativwirtschaft und Unternehmen*. Coburg: Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg.

Blikstein, Paulo. 2013. Digital Fabrication and ›Making‹ in Education. The Democratization of Invention. *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, Hg. Julia Walter-Hermann und Corinne Büching, 203-222. Bielefeld: transcript.

Brandenburger, Bonny und Gergana Vladova. 2020. Technology-Enhanced Learning in Higher Education. Insights from a Qualitative Study on University-Integrated Makerspaces in Six European Countries. *Seamless Learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen*, Hg. Claude Müller Werder und Jennifer Erlemann, 27-39. Münster: Waxmann.

Colegrove, Patrick T. 2016. The library in support of the next generation classroom. Considerations and lessons learned. 9th International Conference of Education, Research and Innovation. *ICERI2016 Proceedings*: 4890-4897.

Clapp, Edward P., Jessica Ross, Jennifer O. Ryan und Shari Tishman. 2017. *Maker-centered learning. Empowering young people to shape their worlds*. San Francisco: Jossey-Bass.

Erpenbeck, John und Werner Sauter. 2013. *So werden wir lernen! Kompetenzentwicklung in einer Welt fühlender Computer*. Berlin: Springer VS.

Erpenbeck, John, Lutz von Rosenstiel, Sven Grote und Werner Sauter. 2017. *Handbuch Kompetenzmessung. Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Gardner, Christopher und Sebastian Thielen. 2015. *Didaktische Prinzipien für E-Learning*. Berlin: wvb.

Gershenfeld, Neil. 2008. *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop – from Personal Computers to Personal Fabrication*. New York: Basic.

Gershenfeld, Neil. 2012. How to Make Almost Anything – The Digital Fabrication Revolution. *Foreign Affairs* 91(6): 43-57.

- Halverson, Erica Rosenfeld und Kimberly M. Sheridan. 2014. The maker movement in education. *Harvard Educational Review* 84(4): 495-504.
- Helfrich, Silke. 2015. *Die Welt der Commons. Muster gemeinsamen Handelns*, Hg. David Bollier und Heinrich-Böll-Stiftung. Bielefeld: transcript.
- Hilton, Ethan C., Robert L. Nagel und Julie S. Linsey. 2018. Makerspace Involvement and Academic Success in Mechanical Engineering. *Frontiers in Education Conference (FIE)*, Hg. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 1-5. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8658875>
- Hochschulforum Digitalisierung. 2016. *THE DIGITAL TURN. Hochschulbildung im digitalen Zeitalter*. Essen: Stifterverband.
- Kaar, Claudia und Christian Stary. 2019. *Structuring Academic Education in Makerspaces. Consolidated Findings from the Field*. Dubai: IEEE.
- Katterfeldt, Eva-Sophie. 2013. Maker Culture, Digital Tools and Exploration Support for FabLabs. *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, Hg. Julia Walter-Hermann und Corinne Büching, 139-147. Bielefeld: transcript.
- Kolb, David A. 2014. *Experiential learning. Experience as the source of learning and development*. New York: Pearson Education.
- Lande, Micah und Shawn Jordan. 2014. *Making It Together, Locally. A Making Community Learning Ecology in the Southwest USA*. Madrid: IEEE.
- Lange, Bastian, Valentin Domann und Valerie Häfele. 2016. *Wertschöpfung in offenen Werkstätten. Eine empirische Befragung offener Werkstätten in Deutschland*. Berlin: IÖW.
- Lave, Jean und Etienne Wenger. 1991. *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. 18th edition. Cambridge: Learning in doing.
- Lewis, Charlton T. und Charles Short. 2020. *A Latin dictionary. Founded on Andrews' edition of Freund's Latin dictionary*. New edition. Chapel-en-le-Frith: Nigel Gourlay.
- Lewis, Maureen und David Wray. 2005. *Extending Literacy. Developing Approaches to Non-Fiction*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Litts, Breanne. 2015. Making learning. Makerspaces as learning environments. Madison: University of Wisconsin-Madison.
- Martinez, Libow und Sylvia Stager. 2013. *Invent to learn. Making, tinkering, and engineering in the classroom*. Torrance: Constructing Modern Knowledge Press.
- Nagle, Sarah Beth. 2020. Maker Services in Academic Libraries. A Review of Case Studies. *New Review of Academic Librarianship* 0(0): 1-17.
- Papert, Seymour. 1991. Situating Constructionism. *Constructionism: Research reports and essays*, Hg. Idit Harel und Seymour Papert, 1-11. New York: Ablex.
- Pernia-Espinoza, Alpha, Enrique Sodupe, Sergio Peciña-Marqueta, Sergio Martínez Bañares, Andrés Sanz García und Julio Blanco-Fernandez. 2017. Makerspaces in higher education. The UR-Maker experience at the University

- of La Rioja. *Proceedings of the 3rd International Conference on Higher Education Advances*, 1-8. Valencia: Universitat Politècnica València.
- Piaget, Jean. 1956. *Das Recht auf Erziehung und Bildung in der modernen Welt*. Wien: Austria Edition.
- Rayna, Thierry und Ludmila Striukova. 2020. Fostering skills for the 21st century: The role of Fab labs and makerspaces. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 164: 120391.
- Reckwitz, Andreas. 2020. *Die Gesellschaft der Singularitäten*. Berlin: Suhrkamp.
- Robben, Bernard und Nadine Dittert. 2016. *Lernen durch iteratives Design im Fab-Lab*. Bremen: Universität Bremen.
- Rosenbaum, Leah F. und Björn Hartmann. 2017. Where Be Dragons? Charting the Known (and Not So Known) Areas of Research on Academic Makerspaces. 2nd Annual International Symposium on Academic Makerspaces. *ISAM, Paper No. 33*.
- Schulz, Amelia B. 2018. *Conditions for Innovation for Education Systems Change: Co-creating an Academic Makerspace at a Community College*. Pasadena: Saybrook University.
- Simons, Arno, Ulrich Petschow und Jan Peuckert. 2016. *Offene Werkstätten – nachhaltig innovativ? Potenziale gemeinsamen Arbeitens und Produzierens in der gesellschaftlichen Transformation*. Berlin: IÖW.
- Sipos, Regina und Kerstin Franzl. 2021. Tracing the History of DIY and Maker Culture in Germany. *Alternative Histories in DIY Cultures and Maker Utopias*. Digital Culture and Society, Bd. 6, 109-120, Hg. Cindy Kohtala, Yana Boeva und Peter Troxler. Bielefeld: transcript.
- Tomko, Megan, Robert L. Nagel, Melissa Wood Aleman, Wendy C. Newstetter und Julie S. Linsey. 2018. *Learning in Academic Makerspaces. Preliminary Case Studies of How Academic Makerspaces Afford Learning for Female Students*. American Society for Engineering Education. Salt Lake City: ASEE Annual Conference and Exposition.

