

Frank Hartmann / Dana Mietzner

1.3 Industrie 4.0 und die Maker Bewegung? – Ein Perspektivwechsel

Einführung

Mit diesem Beitrag ist beabsichtigt, einen Perspektivwechsel von Industrie 4.0 und Facharbeit hin zu Formen des Produzierens und Arbeitens anzuregen, die außerhalb des traditionellen Produktionsparadigmas entstehen. Dieser Perspektivwechsel basiert hauptsächlich auf einer im Jahr 2016 durchgeführten qualitativen, kategoriengeleiteten Inhaltsanalyse US-amerikanischer, britischer und deutscher Massenmedien zur Maker Bewegung (Hartmann und Mietzner 2016; Hartmann und Mietzner 2017). Den konzeptionellen Hintergrund für diese Analyse bildet die Verortung der Maker Bewegung im transformativen Modell der Multilevel Perspective (Geels und Schot 2007). In diesem Modell kann sie als eine soziale Nischeninnovation beschrieben werden, die bottom up entsteht und das vorhandene Produktionsregime, das sich unter dem Druck der Digitalisierung in Richtung Industrie 4.0 entwickelt, herausfordert. In dieser Medienanalyse wurden nach einem aufwändigen Such- und Selektionsprozess mit 45 Schlüsselwörtern letztendlich 199 Artikel für die Analyse ausgewählt, mit 1042 Zitaten kodiert, die Ergebnisse anschließend synthetisiert und systematisch aufbereitet. In diesem Beitrag werden ausgewählte Fragestellungen der Untersuchung behandelt, die mit Kompetenzen und Qualifikationsanforderungen in Zusammenhang stehen.

Grundzüge der Maker Bewegung

Neben der voranschreitenden Digitalisierung von Dienstleistungssektoren und zunehmend auch von Produktionsbereichen, insbesondere der Industrie, hat sich etwa seit 2005 die Maker Bewegung herausgebildet (Gershenfeld 2005) und ab 2011 stetig an Bedeutung gewonnen (Anderson 2012; Hagel et al. 2014; Petschow et al. 2014 und Deloitte 2014). Es gibt zahlreiche Hinweise dafür, dass sie sich am Anfang eines Institutionalisierungsprozesses befindet. Dazu gehört die wachsende Anzahl von Maker Faires, FabLabs und Nutzerzahlen entsprechender Plattformen. Fand die erste *Maker Faire* 2006 in San Mateo noch mit relativ wenigen Ausstellern und Besuchern statt, so hatte ihre Nachfolgerin neun Jahre später bereits über 99 Maker als Aussteller und etwa 130.000 Besucher. Im Jahr 2014 gab es bereits 150 Maker Faires (MakerMedia 2016). In ähnlicher Weise ist die Anzahl der gegründeten *FabLabs* weltweit Ausdruck der zunehmenden Institutionalisierung der Bewegung. Wurde das erste FabLab außerhalb des MIT im Jahr 2003 in Boston gegründet, so gab es im Jahr 2012 be-

reits schätzungsweise 100 FabLabs (Gershenfeld 2012), Anfang 2016 waren es 618 FabLabs und im September des gleichen Jahres bereits 711 (FabFoundation 2016). Schließlich sei die zunehmende Nutzung zweier der Maker Bewegung zu zurechnenden *Plattformen* beispielsweise erwähnt. Verzeichnete die Plattform Thingiverse im Jahr 2012 „lediglich“ 25.000 veröffentlichte Designs, waren es im Jahr 2013 bereits 100.000 und im Jahr 2014 immerhin 400.000 Objekte mit 21 Millionen Downloads (MakerBot 2016). Auf der Plattform 3D Hubs, die 3D-Drucker an Maker vermittelt, waren im Jahr 2016 etwa 32.000 Drucker in mehr als 150 Ländern registriert. Allein in diesem Jahr druckten 5.350 Druckerbesitzer im Auftrag 714.300 Objekte (3D Hubs 2016). Die Verbreitung der Idee zeigt sich auch in der Etablierung von Maker Spaces in speziellen, ursprünglich nicht zur Community zählenden, Einrichtungen. So gaben in einer Befragung von 143 US-amerikanischen Bibliotheken aus dem Jahr 2013 immerhin 41 Prozent an, gegenwärtig einen Maker Space vorzuhalten, 36 Prozent planten die Einrichtung eines Maker Spaces in der nahen Zukunft (Price 2013).

Diese Befunde zeigen, dass sich die Maker Bewegung in den vergangenen Jahren dynamisch entwickelt hat und eine entsprechende Community entstanden ist. Im Ergebnis der o.g. Medienanalyse kann sie als ein neues soziales Phänomen des Produzierens verstanden werden, das darauf basiert, dass moderne digitale Fertigungstechnologien und dafür entwickelte Konstruktionssoftware sowie virtuelle Kooperations- und Vertriebsplattformen niederschwellig für Menschen zugänglich werden und es ihnen ermöglichen, selbst neue Produkte zu kreieren, vorhandene Designs weiter zu entwickeln, entsprechende Produkte herzustellen und zu vertreiben. Sie ist Ausdruck einer demokratischen Innovationskultur, entwickelt sich mit ihren neuen Kooperations- und Organisationsformen konträr zu bestehenden industriellen Wirtschaftsstrukturen und bildet ein Gegengewicht zur Massenproduktion (Hartmann und Mietzner 2016; Hartmann und Mietzner 2017).

Wie lässt sich diese Bewegung nun vor dem Hintergrund eines Perspektivwechsels näher beschreiben? Was macht sie aus, verbindet oder unterscheidet sie von der industriellen Produktion? Welche Rolle spielt die Digitalisierung für die Maker Bewegung? Wie arbeiten und lernen Maker und welche möglichen Verknüpfungen zu Industrie 4.0 zeichnen sich ab? Diesen Fragen soll im Folgenden nachgegangen werden.

Digitale Fabrikationstechnologien als Enabler des Innovierens

Eine entscheidende Voraussetzung für die Entstehung der Maker Bewegung im obigen Verständnis ist, dass in den vergangenen Jahren verschiedene digitale Fabrikationstechnologien auch für Laien zugänglich wurden. Der Zugang zu professionellen Fertigungstools wie Laser Cuttern, 3D-Druckern, CNC-Fräsen und Scannern, einschließlich dafür entwickelter Software, ermöglichte neue Formen des Kreierens und Produzierens außerhalb traditioneller Organisationen mit vorhandener Produktionstechnik. Es entstand neuer Raum für die kreative Entfaltung des Menschen bei der Herstellung von Dingen, auf andere Art und Weise als in der industriellen Massenproduktion.

Von Hippel sieht in dieser Art des Produzierens gar einen neuen Innovationstyp und bezeichnet ihn als Free Innovation (von Hippel 2017). Menschen beginnen, nach von Hippel zunächst im Konsumgüterbereich aus ihrer Bedarfssicht heraus, neue Produkte zu entwickeln und herzustellen, nicht mit der vordergründigen Absicht diese zu vermarkten, sondern selbst zu nutzen und anderen zugänglich zu machen. Hierbei spielen seiner Meinung nach Nützlichkeit, Teilhabe, Spaß, Lernen, Kreativität und Altruismus eine wichtige Rolle (von Hippel 2017). Für die Maker Bewegung kommt hinzu, dass sie für sich ein gewisses reflexives Potential in Anspruch nimmt, in dem der Prozess des Making vom Denken über Anwendungen, Rollen und Werte begleitet wird und im Kontrast zu den traditionellen Produktions- und Konsumtionsmustern gesehen wird (Henseler 2014; Unterfrauner und Voigt 2017). Inwieweit eine solche Reflexionsfähigkeit der Maker Bewegung tatsächlich zugesprochen werden kann, bleibt allerdings eine noch weitgehend wissenschaftlich unbeantwortete Frage. Einige Autoren haben aus der Analyse von FabLabs den Schluss gezogen, dass in diesen Labs wenig Wissen über das „Community Building“ oder die Rolle von Technologien im Sozialen anzutreffen sei. Auch fehle eine kritische Reflexion der eigenen Stellung der FabLabs in der gesellschaftlichen Entwicklung (Smith et al. 2015).

In ähnlicher Weise wie von Hippel unter dem Schlagwort Free Innovation argumentiert Al-Ani für neue Organisationsformen unter dem Schlagwort Peer-to-Peer-Production. Für ihn ist die Peer-to-Peer-Production wesentlich produktiver als die traditionelle „Produktion“, weil sie auf der Motivation ihrer Mitglieder basiert, unentgeltlich Sinnvolles zu tun, sowie geringere Transaktionskosten der Steuerung, Kontrolle und Evaluation der Mitglieder erfordert (Al-Ani 2013). In beiden Konzeptionen (Free Innovation und Peer-to-Peer-Production) organisieren sich Akteure jenseits vorhandener Organisationen auf neue Weise. Das Entstehen der Peer-to-Peer-Production basierend auf Commons (Gemeingütern) wie auch der Maker Bewegung beruht auf der freiwilligen Zusammenarbeit motivierter Produzen-

ten und der damit verbundenen hohen Flexibilität und Fähigkeit zur Selbststeuerung, Begrifflichkeiten, die im *vorangegangenen Beitrag* „Zukünftige Anforderungen an Kompetenzen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 – Eine Bestandsaufnahme“ auch als relevant für die Industrie 4.0 hervorgehoben wurden. Allerdings hat sich hier ein erster Perspektivwechsel vollzogen. Nicht mehr produzierende Unternehmen mit ihren traditionellen Formen von Innovation und Arbeit sind im Fokus, sondern Communities außerhalb des dominanten Produktionsregimes, allerdings ohne dieses gänzlich aus dem Blick zu verlieren. Dezidiert schlägt z. B. Al-Ani die Brücke von der Peer-to-Peer-Production zurück zur Wirtschaft, indem er darauf aufmerksam macht, dass die digitale Transformation angetrieben wird von vorher (in der traditionellen industriellen Produktion) nicht genutzten Skills und Interessen außerhalb der klassischen Organisation, die sich selbst organisieren aber schließlich wieder von der klassischen Organisation eingefangen werden müssen (Al-Ani 2013).

Auch von Hippel beschreibt unter dem Begriff Free Innovation zunächst ein neues Paradigma des Innovierens und Produzierens, verknüpft es jedoch gleichzeitig mit dem vorhandenen Produzentenparadigma, indem er dem Paradigma Free Innovation die Funktion des Innovationsimpulsgebers (Innovation design) für das vorhandene Paradigma und diesem die Funktion des Enablers (Innovation support) für das Free Innovation Paradigma zuschreibt (von Hippel 2017).

Die Limitierung des Commons based Peer-to-Peer-Production-Modells sieht Al-Ani im zwangsläufigen Ausklammern des Produktionsprozesses. Die P2P-Produktion sei immer abhängig von den Produktionskapazitäten des Marktes oder des Staates. Auch hierin sieht er eine Ursache für die Notwendigkeit der Rückbindung des Modells an das bestehende Produktionsparadigma, etwa in dem P2P als Inkubatoren für Unternehmen dienen, die sich an einer Commons-Produktion beteiligen wollen und kostenfreie Lizenzen an diese vergeben, wenn diese sich an bestimmte ethische Grundsätze halten (Al-Ani 2013). An dieser Stelle, wenn es um Produktionskapazitäten geht, kommt wiederum die Maker Bewegung ins Spiel. Hier sind es nicht „nur“ Softwareentwicklung oder andere Dienstleistungen, die im neuen „Produktionsparadigma“ erstellt werden, sondern physische Produkte. Damit erweitert sich der vorerst eingegrenzte Möglichkeitsraum alternativer Innovations- und Produktionsformen außerhalb der klassischen Organisationen erneut. Die digitalen Fabrikationstechnologien der Maker verbinden sich wiederum mit Softwaretechnologien und digitalen Plattformen. So wird die 3D-Drucktechnologie durch Fortschritte im Bereich der Design- und Konstruktionssoftware ergänzt. Um CAD-Zeichnungen niederschwellig zu erstellen, gibt es inzwischen Programme, wie beispielsweise Autodesk, Blender, Rhino 3D, Google SketchUp oder Tinkercat. Auch traditionelle Produkthersteller bieten Softwarelösungen

für das Design an, wie beispielsweise Lego mit seinem kostenlosen Digital Designer. Im Bereich leicht und intuitiv zu bedienender Software werden in den Medien oft auch die größten Herausforderungen der Zukunft gesehen, um Kreativität weiter zu demokratisieren und die Maker Bewegung voranzubringen.

Zu den Plattformtechnologien, in denen sich die Maker Bewegung organisiert, gehören die sogenannten *Community Plattformen*, die Design-Tools und Design-Lösungen anbieten und teilen. Prominenter Vertreter auf dem Gebiet des 3D-Drucks ist die Plattform Thingiverse.com, der inzwischen über 900.000 Mitglieder angehören, die 3D-Designs downloaden, teilen und bearbeiten (Buhse 2012). Die Plattform wird vom 3D-Druckerhersteller Makerbot/Stratasys betrieben. Andere Plattformen eröffnen digitalen Zugang zu Designtools wie eMachineshop oder Formulor und bieten entsprechende Umsetzungsdienstleistungen an. Ein anderer Typ virtueller Plattformen macht Baupläne verfügbar, wie beispielsweise die von Anderson betriebene online community DIY Drones Platform, als Plattform für die Herstellung unbemannter Luftfahrzeuge. DIY Drones hatte vor einigen Jahren bereits 30.000 Mitglieder mit 1.5 Millionen Pageviews im Monat (Diamandis, 2013). Mit weitreichendem Einfluss hat sich die *Plattform 3D Hubs* etabliert (auch „Uber of 3D printers“ genannt). Sie ermöglicht es Designern, Unternehmen und Privatpersonen passfähige 3D-Drucker in der Nähe oder weltweit zu identifizieren, mit denen ihre Entwürfe gegen Bezahlung gedruckt werden können.

Nach Al-Ani sind virtuelle Plattformen wesentliche Vermittler bei der Transformation hierarchischer Organisationsmodelle. Sie ermöglichen Peers kollaboratives Produzieren, auch gemeinsam mit traditionellen Unternehmen. Dies trifft auch auf die Maker Bewegung zu. Hier vermitteln insbesondere die Vertriebsplattformen zu den eher marktlichen Koordinierungsformen. Beispiele hierfür sind Plattformen wie Etsy, Dawanda und The Grommet. Unter zeitlichem Aspekt gesehen fällt die Gründung vieler Plattformen in eine frühe Phase der Entstehung der Maker Bewegung. Dies zeigt, dass sich die Maker Bewegung keinesfalls völlig losgelöst vom bisherigen Produktionsregime entwickelt, sondern immer wieder Beziehungen in und zu diesem hat und daher auch im Hinblick auf neue digitale Herausforderungen als Beispiel herangezogen werden kann.

Maker Spaces als Orte kollaborativen Arbeitens in der Community

Zu den Maker Spaces gehören unterschiedliche Räume oder Orte, in denen sich Maker treffen, miteinander kommunizieren, Ideen entwickeln und austauschen, designen, produzieren, schulen und bilden. An vorderster Front stehen dabei die Flaggschiffe der Maker Bewegung, die sogenannten *Fabrication Laboratories (FabLabs)*, die

alle in ähnlicher Weise organisiert sind und das in ihrer Fab Charta aus dem Jahr 2012 zum Ausdruck bringen. Die Entstehung und Eröffnung von immer mehr FabLabs und Maker Werkstätten wird in den Medien oftmals sogar mit der Maker Bewegung gleichgesetzt und ihre dynamische Entwicklung mit dem Zugang zu neuen Technologien in Maker Spaces unterschiedlichster Art erklärt. Das erste FabLab wurde im Jahr 2002 am MIT in Boston von Neil Gershenfeld als offene Werkstatt gegründet und bot Zugang zu 3D-Druckern, Lasercuttern und CNC-gesteuerten Fräsen. Die Idee dahinter bestand darin, die Ideenfindung und deren Umsetzung enger zu verbinden und das an bestimmten Orten, die Raum für Kooperation bieten (Kuchment 2013). Auch heute noch eröffnen FabLabs die Möglichkeit des niedrigschwelligen Zugangs zu digitalen Fabrikationstechnologien für „Jedermann“.

Die Maker Spaces beabsichtigen Menschen zusammenzubringen, sie in die Öffentlichkeit zu rücken, wo sie ihr Wissen und ihre Fähigkeiten teilen können. Hier geht es also nicht vordergründig um das „Machen zu Hause“, sondern um das „Machen in öffentlichen Räumen“, die aber außerhalb traditioneller Settings, wie etwa dem der Schule, liegen. Sie sind Mittel um vielen, und nicht nur ausgewählten, Menschen Zugang zu den neuen Fertigungstechnologien zu ermöglichen und werden auch als „*community operated workshops*“ bezeichnet, in denen Menschen zusammenkommen, um zu kooperieren, zu innovieren, zu designen und Ideen zu entwickeln. Darüber hinaus gibt es Maker Spaces wie die Repair Cafés, Hackerspaces und offenen Werkstätten, die sich zunehmend organisieren. Im deutschen Verbund Offener Werkstätten beispielsweise werden rechtliche, versicherungstechnische und wirtschaftliche Themen und Fragen besprochen und praktische Anregungen ausgetauscht. Eine Tauschbörse fördert die Vermittlung von Maschinen, Geräten, Materialien und Werkzeugen untereinander. Inzwischen bietet der Verbund Offener Werkstätten e.V. seinen Mitgliedern sogar die Möglichkeit einer **Verbands-Haftpflichtversicherung** (Verbund Offener Werkstätten 2017). Dahinter verbergen sich u.a. Fragen nach der Haftung und Gewährleistung für in solchen Settings erzeugte und dann vertriebene Produkte.

Arbeitsbeziehungen der Maker

Die Maker Bewegung lässt sich nicht nur aus der Perspektive einer neuen Form der Organisation der Produktion basierend auf neuen Technologien beschreiben. Auch die Perspektive von Mensch und Organisation eröffnet Zugänge zum Verständnis der Maker Bewegung als sozialem Phänomen. Vor diesem Hintergrund rückt zunächst der Widerspruch zwischen Individualisierung und Kollaboration/Kooperation in den Fokus. In einer von globalen Unternehmen geprägten Konsumwelt streben Maker nach kreativen Rückzugsorten, in denen Menschen ihre Individualität leben können. Dabei wird

von den Makern oftmals ein authentisches Leben durch Selbermachen angestrebt. Gleichzeitig aber, obwohl das Making oft mit einer Haltung des „*Do it yourself*“ verbunden ist und damit einem individualistischen Verständnis folgt, befördert diese Haltung doch auch einen „*Do-it-with-others*“ (DIWO) Ansatz. Dies hängt damit zusammen, dass die Maker Bewegung zwar häufig mit dem Machen im privaten Haushalt in Verbindung gebracht wird, jedoch meist mit anderen speziellen Orten, den sogenannten Maker Spaces verbunden ist. Hier, an diesen Orten inspirieren sich die Maker gegenseitig und kommen in Arbeitszusammenhängen mit Anderen auf neue Ideen. Insofern nennt sich die Szene zurecht Community, da es den Makern darum geht, gemeinsam Wissen zu erwerben und auszutauschen. Dabei sollen Ideen und daraus entstehende Produkte öffentlich gemacht und geteilt werden.

Hinzu kommt, dass der Maker Bewegung auch unter sozialen Gesichtspunkten häufig Nachhaltigkeit zugeschrieben wird. Demzufolge steht die Bewegung nicht nur für *Kreativität und Kollaboration* sondern auch für *Empowerment, Inklusivität und ein partizipatives Design* als leitendes Paradigma (Unterfrauner und Voigt 2017). Sie verfolgt nicht den Ansatz eines elitären Designs sondern rückt die Veränderung, Modifikation und Verbesserung von bereits Vorhandenem, sei es ein Design oder ein fertiges Produkt, in den Mittelpunkt. Auffallend ist hier die Nähe zur Hacker Kultur. Das „Basteln“ an Computer-Software wird gewissermaßen übertragen auf die sogenannte physische Welt, wodurch neue Formen von Kunst, Manufaktur und Industrie-Design ermöglicht werden (Sneed 2012).

Dass Maker in neuen Organisationsformen und auf neue Weise arbeiten wird, wie die Medienanalyse gezeigt hat, wird auch hinsichtlich flexibler Arbeitszeiten deutlich. Da die Maker oft „von Zuhause aus“ arbeiten, können sie sich die Arbeitszeit relativ flexibel einteilen. Indem sie ihre Produkte über das Internet anbieten, steuern sie selbst, wie viel Zeit sie in die Herstellung ihrer Produkte investieren. Damit könnte eine zeitliche und räumliche Flexibilisierung des Arbeitens einhergehen sowie das Verschwinden der Grenzen zwischen Arbeit und Freizeit, ähnlich wie das für den Bereich der industriellen Produktion unter den Schlagworten Flexibilität und Mobilität diskutiert wird. Dies wird nicht nur positiv gesehen. Es finden sich vermehrt kritische Stimmen, die dies als negative Folge kritisieren, basierend auf negativen Erfahrungen mit Prozessen der Dezentralisierung und Flexibilisierung im Bereich der Wissensproduktion. So wird beispielsweise eingeschätzt, dass das Netz „für unzählige Designer, Werber, Musiker, Filmer, Architekten [...] vor allem eins gebracht [...] hat: längere Arbeitszeiten, existenzielle Verunsicherung - und weniger Geld. Was sich als Versprechen auf Freiheit ankündigte, hat sich als Einschränkung des Spielraums realisiert.“ (Probst 2013).

Der Zusammenhang zwischen der Maker Bewegung und Arbeit sollte somit nicht von vornherein als positiv bewertet werden, obwohl die folgende, etwas naiv anmutende Formulierung dies nahelegen würde, der zufolge die neue Technik „[...] den Menschen aus dem kapitalistischen Hamsterrad befreien könnte. Nur noch ein Drittel des Tages müsste der Mensch in Zukunft einer Lohnarbeit nachgehen, ein weiteres Drittel würde er an seinen Maschinen all jene Dinge produzieren, derer er fürs Leben bedürfe, und das letzte Drittel stünde ihm frei für das, was ihm wichtig sei.“ (Probst 2013). Allerdings argumentieren auch bekannte Ökonomen, wie beispielsweise von Hippel oder Al-Ani in eine ähnliche Richtung, wenn sie davon ausgehen, dass es überschüssige Fähigkeiten und Zeit sind, die es den Menschen heute erlauben, in ihrer Freizeit, „for free“, neue Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu entwickeln. Hier erscheint das Making als neue Form der Arbeit, komplementär zur Erwerbsarbeit.

Ein weiterer Aspekt im Zusammenhang von Arbeit und Maker Bewegung betrifft die Anforderungen, die zukünftig an Menschen in Arbeitsprozessen gestellt werden und denen viele Maker mit ihren Kompetenzen bereits heute weitgehend zu entsprechen scheinen. So äußert beispielsweise der Vertreter eines US-amerikanischen studentischen FabLabs die Meinung, dass die Studierenden in einem FabLab all diese neuen Sets von Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben können, die von ihnen zukünftig erwartet werden. „[...] *critical thinking, problem solving, advanced communication skills. We want them to be able to navigate ill-structured problems, and building those labs is a great way to learn those skills.*“ (Kuchment 2016). An anderer Stelle wird insbesondere die Fähigkeit der Zusammenarbeit und zum kreativen Problemlösen als ein „Denkstil“ bezeichnet, den Ausbilder zu kultivieren versuchen. Es geht in Labs also nicht vorrangig um technische Fähigkeiten, wenn Lehrer Studierende und Schüler für eine Beschäftigung in einer „*Changing work force*“ vorbereiten wollen (Plummer 2015).

In engem Zusammenhang mit dem Arbeiten steht das Lernen und auch dieses wird in der Diskussion um die Maker Bewegung diskutiert, schwerpunktmäßig in den US-amerikanischen Medien. Die damit verbundenen Möglichkeiten werden nicht nur darin gesehen, dass Menschen vermittelt wird, wie man 3D-Modelle erstellt und druckt, sondern darin, wie man sie dazu inspiriert, sich an einer dezentralen Produktion zu beteiligen und dann lehrt, wie man das macht (Uyeda 2013). Es geht also um mehr als um spezielle technische Fähigkeiten, die erlernt werden können. Es geht um die Fähigkeit, auf neue Art und Weise zu produzieren. Diese neue Art und Weise des Produzierens steht in engem Zusammenhang mit der Möglichkeit, in Herstellungsprozessen nicht nur Anleitungen zu folgen, sondern selbst und individualisiert, physische Produkte zu entwickeln, indem eigene oder fremde Designs verbessert werden. „*With the addi-*

tion of feedback loops and forums, participants can then communicate improvements to design ideas, enabling these projects to evolve and to be perfected." (Uyedas 2013). Damit spielt immer wieder das Verbessern von Etwas eine Rolle, sei es in der Open Source Bewegung oder in der Maker Bewegung. Eine offene Herstellungskultur steht offenbar im Zusammenhang mit neuen Lernprozessen, die sich auf permanentes Verändern und Verbessern beziehen.

Darüber hinaus wird in verschiedenen Beiträgen hervorgehoben, dass das „Machen“ eine hochgradig integrierende Funktion für Lernprozesse nicht nur in der schulischen sondern auch in der betrieblichen Ausbildung hat. *“We observed, investigated, played, and analyzed how the aspects of making, inventing, and creating combine and fit in innovative ways into science, technology, engineering, and mathematics (STEM), career and technical education (CTE), and the arts.”* (Washor 2010). Ein interessanter Aspekt ist in diesem Zusammenhang auch der Hinweis der Maker, dass das *“learning through doing“* in informellen und interaktiven Communities erfolgt, in denen im Prozess des Machens das Wissen geteilt wird.

In den USA ist die Maker Bewegung seit einiger Zeit auch in vielen Schulen angekommen. Mit dem Buch *Invent to learn: Making, Tinkering and Engineering in the Classroom* von Sylvia Libow Martinez und Gary Stager hat die Maker Bewegung in Schulen nun ihre „Bibel“ gefunden (Magid 2013). *“The maker movement has also taken off. And schools are increasingly interested in teaching coding, computer science, and STEAM (science, technology, engineering, arts, and math) subjects.”* (Herold 2015). Diese neue Form des Lehrens hat zahlreiche Facetten, von denen einige im Mittelpunkt stehen. Es geht um das Lehren und Lernen durch *“[...] doing, sharing and mentoring, playing, exploring, and risk-taking [...]“* (Henseler 2014). Man stelle sich einen Lernort vor, so in einem US-amerikanischen Blog, in dem Lehrer und Studierende bei der Herstellung von Dingen zusammenarbeiten, ihre „Basteleien“ dokumentieren und das entsprechende Wissen in eine Community anderer Macher einspeisen (Reed 2011). Lehrer haben in solchen Prozessen eine veränderte Funktion. Sie sind nicht mehr diejenigen, die Anweisungen geben, sondern sie fungieren vielmehr als Facilitatoren, die zur Zusammenarbeit ermutigen und sicherstellen, dass Jedermanns Stimme gehört wird.

Hervorhebenswert ist auch die Auffassung, dass die Maker Kultur in der akademischen Ausbildung nicht nur auf die naturwissenschaftlich-technischen Fächer und anwendungsorientierten Gebiete wie Ökonomie und Entrepreneurship begrenzt bleiben sollte. Die Fokussierung auf naturwissenschaftlich-technische Gebiete und die Anbindung von Maker Spaces an die entsprechenden Fachbereiche unterschätzte die Möglichkeiten der Sozial- und Geisteswissenschaften, hier wertvolle Beiträge zu leisten. Vermisst werden begleitende Be-

mühungen “[...] toward the self-reflection and articulation needed to learn not only how things are made, but also how they are embedded and can transform society and culture over time. We believe the ethos of the Maker Movement and that of the Liberal Arts go hand-in hand.” (Constanza 2013).

Heute ist die Nutzung von Maker Spaces als Orte der Bildung und Ausbildung vor allem in den USA schon relativ weit fortgeschritten. Barrett et al. untersuchten im Jahr 2015 insgesamt 35 universitäre Maker Spaces, die sie an den top 127 US-amerikanischen Universitäten und Colleges identifiziert hatten (Barrett et al. 2015).

Doch nicht nur Hochschulen entwickeln sich zu Maker Spaces. Auch Grundschulen greifen die Idee des Making auf. *“An all-girls private school in New York City is the first to test the company’s 1-to-1 model. And Texas’s 43,000-student Killeen Unified district will be the first to use little Bits as the foundation for a districtwide initiative to outfit all its elementary schools with “maker spaces” where students will have hands-on learning opportunities.”* (Herold, 2015). Diese Maker Spaces ermöglichen jedoch wesentlich mehr als die Entwicklung der Fähigkeiten zum 3D-Drucken oder Lasern. Es geht um die Fähigkeit zur Zusammenarbeit und zum kreativen Problemlösen (Plummer 2015).

Was lässt sich aus diesem kurzen Exkurs zur Maker Bewegung bezogen auf neue Anforderungen an Kompetenzen im Zuge der Digitalisierung ableiten?

Zunächst sei hervorgehoben, dass mit dem Blick auf die Maker Bewegung ein Beitrag zur Aufhebung der im *vorangehenden Artikel* genannten Engführung der Diskussion zur Digitalisierung hinsichtlich Industrie und traditioneller Erwerbsarbeit geleistet werden kann. Maker sind „freie“ Produzenten und bilden eine Community, die sich jenseits etablierter Produktions- und Arbeitsformen entwickelt. Sie orientieren sich nicht vordergründig an der Rationalisierung von Produktionsprozessen, sondern an neuen/verbesserten Produkten und neuen Formen kollaborativen Arbeitens zur Entwicklung, Herstellung und Verteilung dieser Produkte. Sie erschließen sich nicht nur einzelne Wirtschaftsbereiche (etwa den Konsumgüterbereich wie von Hippel in seinem Modell Free Innovation angenommen) (von Hippel, 2017), sondern auch Gebiete wie Kultur und Kunst, Bildung oder auch das Gesundheitswesen (Svensson und Hartmann 2015).

Maker sind hochgradig motiviert in ihrem Tun und die Innovationsbereitschaft ist eine zentrale Komponente jeglicher Innovationskompetenz, sei sie an die Person oder an eine Organisation gebunden. Insofern lässt sich von den Makern auch etwas über die Innovationskompetenz lernen. Motivation ist aber auch eine Komponente von Kreativität, wobei Neugier, Interesse und Ehrgeiz hervorgehoben werden (Holm-Hadulla 2010). Ohne Motivation gibt es keine Kreativität.

Für Maker ist charakteristisch, dass sie in der Lage sind, digitale Fähigkeiten mit stofflichen Fertigkeiten zu koppeln. Sie verbinden Kreativität beim Design mit der Umsetzung dieses Designs in Prototypen und der iterativen Weiterentwicklung der Produkte.

Maker arbeiten kollaborativ. Das schließt Fähigkeiten zur Kommunikation (Zuhören, Verstehen, gemeinsamer Problemlösungsfokus), die Bereitschaft zu teilen (Wissen) und zu helfen (komplementäre Fähigkeiten) ein. In dieser kollaborativen Arbeitsumgebung können sich soziale Beziehungen herausbilden, die über das eigentliche Ziel/Projekt hinausgehen und die Community, z. B. in Maker Spaces, festigen. Damit werden auch soziale Beziehungen geschaffen, die das Lernen verändern. Lernen findet in der Form von „By Doing“ statt, in gleichberechtigten Beziehungen und in lernförderlichen Umgebungen, mit stetem Praxisbezug, wenig formalisiert, sondern auf die Entwicklung von Fähigkeiten ausgerichtet. Nicht der Erwerb eines formalen Wissens ist das Ziel, sondern die Entwicklung von Kompetenzen, um auf Veränderungen und Unsicherheiten selbstorganisiert reagieren zu können.

Damit verfügen die Maker weitgehend über diejenigen Kompetenzen, die auch für eine erfolgreiche Umsetzung des Konzepts Industrie 4.0 angenommen werden (siehe vorangehender Artikel).

Ausblick

Wenn Maker Spaces, insbesondere FabLabs, geeignete Orte sind, an denen Menschen Kompetenzen erwerben können, die sie für die Gestaltung des digitalen Wandels im traditionellen Produktionsregime benötigen, stellt sich die Frage, wie sie dafür stärker genutzt werden können. Hierfür sind folgende Voraussetzungen zu bedenken: FabLabs müssen sich über ihr Potenzial zur Aus- und Weiterbildung bewusst werden und sich systematisch zu Anbietern entsprechender Leistungen entwickeln. Das bedeutet die Entwicklung und Erprobung geeigneter Formate für unterschiedliche Zielgruppen sowie eine professionelle curriculare Verankerung, was mit hohen Hürden formaler und ressourcenseitiger Art verbunden ist. Aus unserer Sicht wäre zu prüfen, inwieweit in FabLabs entwickelte bzw. zu entwickelnde Formate in Curricula überführt werden können und welche Optionen der Einbindung in Aus- und Weiterbildungsprogramme gegeben sind. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Offenheitsgrad der Labs eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dieses Potenzial zu entwickeln und einseitige Abhängigkeiten – etwa von einzelnen Unternehmen – dieses Potenzial schnell unterminieren können. Das trifft auch auf andere Institutionalisierungsansätze von Maker Spaces zu, sei es in der Entwicklung von Co-Working Spaces und der Unterstützung von Entrepreneurship oder als Innovationsinkubatoren in Regionen bzw. an einzelnen Standorten.

Eine institutionalisierte Vernetzung der Maker Spaces ist derzeit, mit Ausnahme der internationalen Fab Lab Association nur in Ansätzen vorhanden. Ein Zusammenschluss auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene kann deren Sichtbarkeit und Wirkmächtigkeit erhöhen und zu einem Selbstverständnis führen, das über das einer einzelnen Community hinausgeht. Eine flexible Vernetzung von Maker Spaces kann auch deren Potenzial als Innovationsinkubatoren und Lernorte erhöhen und mit einer Verbesserung der Reflexionsfähigkeit der Community verbunden sein.

Voraussetzung für eine stärkere Nutzung der Bildungsfunktion ist auch die Wahrnehmung und Unterstützung der Maker Spaces seitens der Wirtschaft und der Kommunen in ihrer Bedeutung für die Entwicklung von „Fachkräften“ (hier im Sinne von Menschen mit oben beschriebenen Kompetenzen). Von Hippel befürwortet eine staatliche Förderung für Maker Spaces, vergleichbar der für Akteure des traditionellen Innovationssystems. „...support could be given to upgrading physical facilities used by free innovators, such as makerspaces...“ (von Hippel 2017, S. 150).

Die Idee der Maker Bewegung sollte verbreitet werden, wobei offene Werkstätten in Kommunen, Hackerspaces, Repair Cafés und nicht zuletzt ein breites Spektrum an FabLab-Typen (universitär, in Kombination mit Unternehmen, Kommunen, Bibliotheken, Museen, Krankenhäusern etc.) eine Rolle spielen.

Neuere Ansätze zu Free Innovation und Peer-to-Peer-Production, wie sie in diesem Beitrag nur kurz angerissen werden konnten, sollten kritisch aufgegriffen und geprüft werden. Der Austausch innerhalb der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften könnte hierdurch neue Impulse erhalten.

Literatur

- 3DHUBS (2016). Where 3D prints are made [Online]. Available: <https://www.3dhubs.com/> Gesehen 26.9.2016.
- Al-AnI, A. (2013). Freie Produzenten: Die neuen Organisationsformen der Wirtschaft. In: *Widerstand in Organisationen. Organisationen im Widerstand. Organisation und Gesellschaft*. Springer VS, Wiesbaden.
- Anderson, C. (2012). *Makers. The New Industrial Revolution*, New York, Crown Business.
- Barrett, T. W.; Pizzico, M. C.; Levy, B. und Nagel, R. L. (2015). A Review of University Maker Spaces. 122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Jul 14-17, 2015, Seattle.
- Cadwalladr, C. (2012). In Focus: Build a satellite in the shed: it's the new DIY revolution: The Observer (England).

- Costanza, K. (2013). The Maker Movement Finds Its Way Into Urban Classrooms. <https://ww2.kqed.org/mindshift/2013/09/17/the-maker-movement-finds-its-way-into-urban-classrooms/>. Gesehen 13. Juli 2017
- Deloitte (2014). Impact of the Maker Movement. MakerMedia.
- Diamandis, P. (2013). The DIY Revolution - How to Remove 99 Percent of the Cost from Your Product. *Huffington Post*. 03.05.2013.
- FabFoundation (2016). fablabs [Online]. Available: www.fablabs.io/labs, Gesehen 28.9.2016.
- Geels, F. W. und Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36/3, S. 399-417.
- Gershenfeld, N. (2005). *FAB. The coming revolution on your desktop-from personal computers to personal fabrication*, New York, Perseus Books Group.
- Gershenfeld, N. (2012). How To Make Almost Anything. *Foreign Affairs*, 91, S. 43-36.
- Hagel, J.; Brown, J. S. und Kulasooriya, D. (2014). *A Movement in the Making*. Deloitte.University Press.
- Hartmann, F. und Mietzner, D. (2017). The Maker Movement-Current Understanding and Effects on Production. Conference Paper, XXVIII ISPIM Conference, Jun 2017, 29 S.
- Hartmann, F. und Mietzner, D., Zerbe, D. (2016). Die Maker Bewegung als neues soziales Phänomen - Ergebnisse einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewählter Massenmedien. Working Paper, October 2016, 81. S., DOI: 10.13140/RG.2.2.32111.0272710/2016, 81. S.
- Henseler, C. (2014). The Maker Movement and the Humanities: Giving Students A Larger Toolbox. *Huffington Post*. 12.18.2014.
- Herold, B. (2015). Is "Maker" Education Ready to Go 1-to-1? *Education Week*. September 24 2015.
- Holm-Hadulla, R. M. (2010). *Kreativität. Konzept und Lebensstil*, Vandenhoeck&Ruprecht.
- Kuchment, A. (2013). A High School Lab As Engaging as Facebook. *Scientific American*, November 29 2013.
- Magid, L. (2013). Maker Movement Taps Into Deep and Rich Tradition. *Huffington Post*. 07.12.2013.
- Makerbot (2016). Thingiverse [Online]. Available: <https://www.thingiverse.com/> Gesehen 26.9.2016.
- MakerMedia (2016). makerfaire [Online]. Available: <http://makerfaire.com/gobal/#> Gesehen 28.9.2016.
- Petschow, U.; Ferdinand J. P.; Dickel, S.; Fläming, H.; Steinfeld, M. und Worobei, A. (2014). *Dezentrale Produktion, 3D-Druck und Nachhaltigkeit: Trajektorien und Potenziale innovativer Wertschöpfungsmuster zwischen Maker-Bewegung und Industrie 4.0*, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung Berlin.
- Plummer, M. (2015). 3D printers changing the way some Pasadena students learn. January 19 2015.
- Price, G. (2013). Makerspaces in Libraries [Online]. Available: www.infodocket.com/2013/12/16/results-of-makerspaces-in-libraries-study-released/. Gesehen 13.07.2017.
- Probst, M. (2013). Jetzt geht's erst richtig los; Chris Andersons Buch "Makers" ruft die nächste Revolution aus: Was man braucht, macht man selbst. *Die ZEIT* (inklusive ZEIT Magazin).
- Reed, S. (2011). DIY movement: Teachers and students as makers. Available: https://www.nwp.org/cs/public/download/nwp_file/15064/DIY%20movement.pdf?x-r=pcfile_d. Gesehen 13.07.2017.
- Smith, A.; Hielscher, S. und Fressoli, M. (2015). Transformative Social Innovation Narrative: FabLabs. In: 613169, T. E. S.-G. A. N. (ed.).
- Sneed, A. (2012). Notes from "Makers: The New Industrial Revolution," *Future Tense*. Available: http://www.slate.com/blogs/future_tense/2012/10/26/wired_editor_chris_anderson_and_slate_s_david_plotz_discuss_makers_and_the.html. Gesehen 13.07.2017.
- Svensson, P. O. und Hartmann, R. K. (2015). Policies to promote user innovation: Evidence from Swedish hospitals on the effects of access to makerspaces on innovation by clinicians. *MIT Sloan School Working Papers*, 5151-15, 1-33.
- Unterfrauner, E. und Voigt, Ch. (2017). Maker's ambitions to do socially valuable things. Conference Paper, April 2017. <http://www.researchgate.net/publication/315700358>.
- Uyeda, B. (2013). *The Ultimate 3D Printer*. *Huffington Post*. 09.06.2013.
- von Hippel, E. (2017). *Free Innovation*, Cambridge, London, MIT Press.
- Verbund Offener Werkstätten (2017). <http://www.offenwerkstaetten.org/>Gesehen 17.7.2017.
- Washor, E. (2010). *Making Their Ways: Creating a Generation of Thinkers*. *Huffington Post*, 25.08.2010.