

Seit Mitte der 1990er Jahre werden neue Informations- und Kommunikationstechnologien in der Arbeitswelt genutzt, in wachsendem Ausmaß und mit wachsender Bedeutung. Die verstärkte Digitalisierung verändert sowohl die Wirtschaft als auch die Gesellschaft. Es wird sogar von der »vierten industriellen Revolution« gesprochen, denn traditionelle Geschäftsmodelle geraten unter Druck. Welche Auswirkungen sind von dieser Entwicklung zu erwarten?

Industrie 4.0: Kein Spiel für Einzelkämpfer

Das mediale Interesse ist enorm. Ebenso die Erwartungen, die an Industrie 4.0, die vierte industrielle Revolution, geknüpft werden: Die Produktion wird durch Automatisierung und Vernetzung umgekrempelt, Maschinen und Bauteile kommunizieren direkt miteinander und organisieren sich selbst. Roboter übernehmen nicht nur Routineaufgaben, sondern, dank intelligenter Algorithmen, auch komplexe Tätigkeiten. Die Folgen sind Produktivitätswachstum und Wohlfahrtssteigerung. Nebenbei wird damit auch das Problem der drohenden Arbeitskräfteknappheit gelöst, die uns aufgrund des demographischen Wandels bevorsteht. Vom zweiten Maschinenzeitalter ist die Rede (vgl. Brynjolfsson und McAfee 2014), vom digitalen Wirtschaftswunder (vgl. *Frankfurter Allgemeine Zeitung* 2015) und davon, dass Deutschland mit Industrie 4.0 die Technologieführerschaft wieder gewinnen kann, die es im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) einst den USA überlassen hat. Mancher Arbeitnehmervertreter mahnt hingegen die Entfremdung des Menschen von seinem Arbeitsplatz an und fürchtet hohe Arbeitslosigkeit, wenn in Zukunft Roboter und intelligente Software zahlreiche Tätigkeiten übernehmen, die bislang allein dem Menschen vorbehalten waren.

Obgleich IKT schon lange als Querschnittstechnologien oder »General Purpose Technologies« (Bresnahan und Trajtenberg 1995) gelten, wurden sie als Treiber der Digitalisierung unterschätzt. Viele Visionen der vergangenen Jahre oder gar Jahrzehnte konnten lange nicht umge-

setzt werden, seien dies fahrerlose Autos oder Roboter, die mit Menschen interagieren. Dies ändert sich nun aufgrund der rasant zunehmenden Rechenleistungen und Speicherkapazitäten der IT-Hardware und der Verfügbarkeit und zeitnahen Analysierbarkeit großer Datenmengen mit intelligenten Algorithmen.

Was ist Industrie 4.0?

Industrie 4.0 kann im engen Sinne als Synonym für das Internet der Dinge betrachtet werden. Physische Objekte sind über IP-Adressen eindeutig identifizierbar und kommunizieren über das Internet miteinander (sogenannte cyberphysische Systeme). Diese Informationssysteme sind wiederum verknüpfbar mit anderen Systemen und Anwendungen. Beispielsweise können im Produktionsprozess entstehende Daten in der Cloud gespeichert und von dort überall abgerufen werden. Mit Big Data Analytics werden große Datenmengen aus unterschiedlichen Quellen in Echtzeit ausgewertet, und die Ergebnisse können als Entscheidungsgrundlage für den Produktions- und Geschäftsbetrieb genutzt werden. Mit Social Media wiederum lassen sich Kunden in den Produktionsprozess einbeziehen, und vielfältige andere Nutzungsmöglichkeiten zeichnen sich ab. Im weiteren Sinne steht Industrie 4.0 also für die vollumfängliche Digitalisierung und Vernetzung der Wertschöpfungskette. IKT und Produktion verschmelzen miteinander und damit auch die IKT-Branche und das für die deutsche Wirtschaft traditionell starke Verarbeitende Gewerbe, insbesondere der Maschinenbau und die Elektrotechnik. Gerade in dieser Kombination liegt die Chance für Deutschland, eine Vorreiterrolle im digitalen Wettbewerb zu übernehmen. Anbieter von Industrie-4.0-Lösungen sowohl aus der IKT-Branche als auch aus der Industrie arbeiten daran, zu internationalen Leitanbietern zu werden.



Irene Bertschek*

* Prof. Dr. Irene Bertschek ist Leiterin des Forschungsbereichs Informations- und Kommunikationstechnologien am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim und Professorin an der Universität Mannheim.

Industrie 4.0 in Unternehmen

Für Unternehmen, die als Anwender in die Digitalisierung investieren, bedeutet dies in erster Linie, dass Produktionsprozesse automatisiert, flexibel und individualisiert ablaufen können. Es entstehen intelligente Fabriken, die Potenziale für Effizienzgewinne bei der Produktion, aber auch für eine breite Produktdifferenzierung und damit eine bessere Markterschließung eröffnen. Laut einer Studie von BITKOM und Fraunhofer IAO (2014), die auf Expertenmeinungen basiert, sollen durch Industrie 4.0 bis 2025 zusätzlich 79 Mrd. Euro an Wertschöpfung in den Branchen Chemie, Maschinenbau, Elektrotechnik, Automobilbau, Landwirtschaft und IKT entstehen. Allerdings werden die Erwartungen an Technologietrends auf dem Höhepunkt ihres »Hype Cycles« eher über- als unterschätzt.

Digitale Technologietrends sind sehr schnelllebig. Wie sieht es mit der Umsetzung konkreter Industrie-4.0-Projekte in der deutschen Wirtschaft also derzeit tatsächlich aus? Zahlen aus einer aktuellen Befragung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) zeigen, dass etwa ein Viertel der Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe und aus dem Dienstleistungssektor den Begriff Industrie 4.0 kennen. Deutlich weniger als 10% sind dabei, Industrie-4.0-Projekte zu realisieren oder haben solche Projekte bereits umgesetzt. Vorerster sind Unternehmen aus den Branchen IKT, Maschinenbau und Elektrotechnik, also diejenigen, die auch potenzielle Anbieter von Industrie-4.0-Lösungen sind. Aber auch in diesen Branchen liegt der Anteil derer, die Industrie-4.0-Projekte derzeit realisieren oder schon umgesetzt haben, im einstelligen Prozentbereich. Typischerweise sind große Unternehmen die »early adopters« neuer Technologien oder die Leitanbieter. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind dagegen deutlich zögerlicher. Sie haben oft nicht die geeigneten Fachkräfte und das nötige Budget, um Technologieprojekte umzusetzen, und können sich Fehlversuche nicht leisten. Bedenken hinsichtlich der IT-Sicherheit sind insbesondere bei den KMU ein zentrales Hemmnis, um in die Digitalisierung zu investieren. Deshalb sind sie oft auf kompetente Beratung angewiesen. Die Umsetzung von Industrie 4.0 hat also bereits begonnen. Jedoch ist davon auszugehen, dass Industrie 4.0 im Sinne einer vollautomatisierten und vollständig vernetzten Produktion vorerst auf Einzelfälle beschränkt bleiben wird. Zudem wird es nicht für jedes Unternehmen sinnvoll sein, seine Prozesse komplett zu digitalisieren und zu vernetzen.

Industrie 4.0 nicht ohne Dienstleistung 4.0

Eine Konzentration auf die Digitalisierung der Industrie ist gerade für die deutsche Wirtschaft zweifellos wichtig. Jedoch sollte die digitale Transformation der Dienstleistungsbranchen dabei nicht außer Acht gelassen werden. Im Dienstleistungssektor ist der Digitalisierungsgrad vieler Branchen deutlich höher als in den Industriebranchen. Wie der

Branchenindex DIGITAL zeigt, den das ZEW für das »Monitoring Digitale Wirtschaft« im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) berechnet hat, sind es die Telekommunikationsdienstleister, die IT-Dienstleister und die Mediendienstleister, die derzeit den höchsten Digitalisierungsgrad aufweisen (vgl. TNS Infratest und ZEW 2014). In diesen Branchen ist zum Beispiel der Anteil der Beschäftigten, die mit Computern arbeiten und Internetzugang oder mobilen Internetzugang haben, vergleichsweise hoch. Hinzu kommt, dass viele Dienste inzwischen online angeboten werden. Aber auch im direkten Zusammenhang mit Industrie 4.0 gewinnen Dienstleistungen an Bedeutung. Die individualisierte Produktion erlaubt es, erheblich gezielter auf Kundenwünsche einzugehen und die Kunden in den Innovations- und Produktionsprozess einzubeziehen. Henning Kagermann, Präsident von acatech, geht sogar so weit zu sagen: »Ohne Smart Services keine Industrie 4.0«.

Arbeiten 4.0: Automatisierung und Mobilität

Die zunehmende Intelligenz von Computern und Robotern perfektioniert die Automatisierung von Produktionsprozessen. Viele Tätigkeiten werden ohne menschliches Zutun erledigt. Pessimisten erwarten Massenarbeitslosigkeit oder gar, wie Jeremy Rifkin einst prophezeite, das Ende der Arbeit. Ein Blick in die Vergangenheit kann helfen, um sich eine Vorstellung über die mögliche zukünftige Arbeitswelt zu machen. Die Computerisierung in den 1980er und 1990er Jahren hat dazu geführt, dass Routinetätigkeiten von Computern übernommen wurden, während Nichtroutinetätigkeiten wie analytische und interaktive Tätigkeiten von Computern lediglich unterstützt, aber nach wie vor vom Menschen ausgeübt wurden. Tätigkeitsstrukturen haben sich dabei vor allem innerhalb von Berufen verändert. Da sich insbesondere Berufe mit mittleren Qualifikationsanforderungen und entsprechend mittlerem Lohnniveau durch einen hohen Anteil an Routinetätigkeiten auszeichnen, hat dies auch in Deutschland zu einem relativen Rückgang der Beschäftigung mittlerer Qualifikation geführt (Beschäftigungspolarisierung). Für die letzte Robotergeneration haben Graetz und Michaels (2015) berechnet, dass der Einsatz von Industrierobotern in 17 Ländern im Zeitraum 1993 bis 2007 das jährliche Wachstum des Bruttoinlandsprodukts um 0,37 Prozentpunkte erhöht hat und dass es eine Verschiebung hin zu mehr hochqualifizierter Arbeit gab. Je intelligenter ein Computer oder Roboter wird, umso eher kann er nun aber auch Nichtroutinetätigkeiten und damit Tätigkeiten, die bislang eher von Hochqualifizierten durchgeführt werden, übernehmen. Die viel zitierte Arbeit von Frey und Osborne (2013) wagt den Blick in die Zukunft. Sie geht davon aus, dass 47% der Beschäftigten in den USA in Berufen arbeiten, die in den nächsten zehn bis 20 Jahren automatisiert werden können. Eine aktuelle Studie der ING Diba überträgt diese Analyse auf Deutschland und kommt auf einen entsprechenden Anteil

von 59%. Wie auch immer die Prognosen lauten, die Erfahrungen aus vergangenen industriellen Revolutionen haben gezeigt, dass die Angst vor menschenleeren Fabriken und Massenarbeitslosigkeit unbegründet ist. Tätigkeitsstrukturen und Berufsbilder passen sich über die Zeit an, und auch neue Berufe können entstehen wie beispielsweise der Beruf des Mechatronikers, der im Jahr 2003 den des Elektromechanikers abgelöst hat.

Digitale Arbeit bedeutet nicht nur, dass bestimmte Tätigkeiten von Robotern übernommen und automatisiert werden. Es kann auch bedeuten, dass Beschäftigte, insbesondere im Dienstleistungsbereich, ihre Arbeit unabhängig von Arbeitsplatz und Arbeitszeit verrichten. Flexible und dezentrale Arbeitsformen wie Home Office oder mobiles Arbeiten in Satellitenbüros oder von unterwegs lassen sich leichter realisieren, wenn über das Internet Zugang zu Unternehmensnetzwerken besteht und auf E-Mails und Datenbanken zugegriffen werden kann. Besonders relevant ist diese Entwicklung für Unternehmen aus dem Dienstleistungssektor, in denen die physische Präsenz der Beschäftigten nicht in allen Stufen der Wertschöpfung erforderlich ist. Zahlen aus einer ZEW-Befragung im deutschen Dienstleistungssektor zeigen, dass über die Hälfte der IT-Dienstleister und der Unternehmen in der Beratung und Kreativwirtschaft die Möglichkeit des Home Office anbieten. Allerdings konzentriert sich die Nutzung dieser Arbeitsform derzeit auf lediglich 13 beziehungsweise 15% der Beschäftigten. Auch die virtuelle Teamarbeit, die sich beispielsweise über unternehmensinterne Wikis oder über Videokonferenzen gestalten kann, ist noch stark ausbaufähig.

Die Digitalisierung der Arbeit bietet Unternehmen zum einen die Chance, Fachkräfte durch individuelle Arbeitszeitmodelle an das Unternehmen zu binden und Arbeitnehmern eine bessere Vereinbarkeit von Arbeits- und Privatleben zu ermöglichen. Zum anderen stellt es Unternehmen und Beschäftigte aber auch vor die Herausforderung, diese Flexibilität effizient und verantwortungsvoll zu nutzen. Transaktionskosten, die entstehen, wenn Menschen sich abstimmen müssen, um miteinander zu kommunizieren oder sich zu einem Projekttreffen zusammenzufinden, sind dabei genauso zu beachten wie die Gefahr, dass die Grenze zwischen Arbeit und Privatleben verschwimmt, was sich negativ auf die Gesundheit auswirken kann.

Eine zentrale Erkenntnis aus der ökonomischen IKT-Forschung ist, dass die Nutzung der Potenziale der Digitalisierung wesentlich von komplementären Investitionen in organisatorisches Kapital und in Humankapital abhängt (vgl. Bresnahan et al. 2002). Auch wenn diese Erkenntnis heutzutage trivial erscheinen mag, so ist sie doch ein hilfreicher Hinweis darauf, was Unternehmen und Beschäftigte in den nächsten Jahren tun sollten, um die Digitalisierung zu ihren Gunsten nutzen zu können: in Aus- und Weiterbildung in-

vestieren, technische Fähigkeiten erwerben, aber auch die Fähigkeiten zu Organisation und Selbstdisziplin fördern.

Aus technischer und politischer Perspektive gilt es, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Umsetzung von Industrie 4.0 unterstützen. Auf der Agenda stehen hier Investitionen in schnelle und leistungsfähige Netze, die Entwicklung technologischer Standards, welche die Kommunikation zwischen verschiedenen IKT-Anwendungen ermöglichen, Investitionen in die IT-Sicherheit, das heißt in sichere Hardware, Software, Netze und Daten sowie in zeitgemäße Datenschutzrichtlinien. Die Aufmerksamkeit auf politischer Ebene ist sehr hoch. Das BMWi (2015) hat kürzlich eine Liste von Maßnahmen zur Förderung der Umsetzung von Industrie 4.0 vorgelegt. Die Liste ist lang, die Maßnahmen sind ambitioniert. Nun sind Taten gefragt.

Literatur

BITKOM und Fraunhofer IAO (2014), *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*, Berlin und Stuttgart.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015), *Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft, Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation*, Berlin.

Bresnahan, T.F., E. Brynjolfsson und L. M. Hitt (2002), »Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labour: Firm-level Evidence«, *Quarterly Journal of Economics* 117(1), 339–76.

Bresnahan, T.F. und M. Trajtenberg (1995), »General Purpose Technologies 'Engines of Growth'?«, *Journal of Econometrics* 65(1), 83–108.

Brynjolfsson, E. und A. McAfee (2014), *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, WW Norton & Company, New York.

Brzeski, C. und I. Burk (2015), *Die Roboter kommen, Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*, INGDiBa Economic Research 30. April, Frankfurt am Main.

Frankfurter Allgemeine Zeitung (2015), »Cebit träumt vom digitalen Wirtschaftswunder«, 15. März, verfügbar unter: <http://www.faz.net/agenturmeldungen/dpa/cebit-traeumt-vom-digitalen-wirtschaftswunder-13485122.html>.

Frey, C. und M.A. Osborne (2013), *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?*, University of Oxford, Oxford.

Graetz, G. und G. Michaels (2015), »Robots at Work«, Working Paper, Uppsala University and London School of Economics.

Kagermann, H. (2015), *Ohne Smart Services keine Industrie 4.0*, Industrielle Revolution 4.0, Eine Sonderveröffentlichung der Industrieverbände BITKOM, VDMA, ZVEI.

TNS Infratest und ZEW (2014), *Monitoring-Report Digitale Wirtschaft 2014. Innovationstreiber IKT*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin, verfügbar unter: <http://www.zew.de/de/publikationen/7740>.



Reiner Clement*

Digitale Arbeitswelt am Beispiel des Crowdsourcings

Seit Mitte der 1990er Jahre wird die Arbeitswelt durch den voranschreitenden Einsatz neuer Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) geprägt. Durch den Wegfall der räumlichen und zeitlichen Dimension nimmt die Verlagerung von Arbeitsprozessen in den virtuellen Raum stetig zu. Nach den Anfängen in Gestalt von alternierender Telearbeit stehen heute die Virtualisierungen und Automatisierungen komplexer Abläufe im Vordergrund. Sie werden als revolutionärer Umbruch gewertet, der auch neue Formen der Arbeitsorganisation ermöglicht. Wertschöpfung findet an unterschiedlichen Orten, zu verschiedenen Zeiten und in wechselnden Teamzusammensetzungen statt. Beispielhaft wird das Konzept Crowdsourcing vorgestellt.

Begriff

Der Begriff Crowdsourcing wurde als Ausprägung des Prinzips der kollektiven Intelligenz im Jahr 2006 geprägt (vgl. Howe 2006). Crowdsourcing hat damit Verbindungen zu Konzepten wie Open Innovation, interaktive Wertschöpfung, Schwarmintelligenz. Gemeinsam ist die Auffassung, dass eine Gruppe zu besseren Lösungen kommen kann als eine einzelne Person (vgl. Clement und Schreiber 2013, S. 463 ff.). Das Konzept beschreibt die Auslagerung einer Aufgabe oder einer Problemstellung (Outsourcing) an eine unbestimmte bzw. unbekannte Gruppe (Crowd) in der Regel über eine Internetplattform. Ziel ist eine interaktive Form der Leistungserbringung, die kollaborativ oder wettbewerbsorientiert organisiert ist und eine große Anzahl extrinsisch oder intrinsisch motivierter Akteure unter Verwendung von IuK-Technologien auf Basis des Web 2.0 einbezieht (vgl. Martin, Lessmann und Voß 2008). Viele Unternehmen setzen inzwischen auf die Mitarbeit und Integration von externen Personen. Produktinnovationen und -weiterentwicklungen

* Dr. Reiner Clement ist Professor für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Innovationsökonomie, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg.

gen werden nicht mehr von den zuständigen Abteilungen, externen Agenturen oder Experten übernommen, sondern u.a. von Kunden und Zulieferern (vgl. dazu den Leitfaden von BITKOM 2014).

Funktionsweise

Crowdsourcing funktioniert nach dem Prinzip der Arbeitsteilung. Eine Aufgabe wird jedoch nicht an eine bestimmte Person vergeben, sondern an eine große Gruppe von Personen im Web. Diese Form der Leistungserstellung soll gegenüber anderen Formen bessere und effizientere Lösungen für Aufgabenstellungen finden:

- Meinungsvielfalt: Nicht der Expertenstatus ist von Relevanz, sondern die Vielfalt und die unterschiedlichen Sichtweisen auf Fragestellungen. Um eine Verzerrung des Ergebnisses zu vermeiden, ist eine zufällige Auswahl zu treffen. Die Stichprobengröße sollte nicht zu klein sein. Meinungsäußerungen dürfen nicht unterdrückt oder künstlich konform gemacht werden.
- Verteiltes Wissen: Jeder hat Wissen über spezielle Aspekte eines Problems. Dennoch muss die Meinung der vielen zu einer Gesamtaussage verdichtet werden. Beispielsweise ist der Mittelwert als Näherung mit hoher Wahrscheinlichkeit genauer als eine einzelne Schätzung. Je mehr Personen unabhängig schätzen, desto breiter sind die Schätzungen um das richtige Ergebnis.

Die Implementierung von Crowdsourcing ist in folgenden Rahmen eingebettet (vgl. Hoßfeld et al. 2012):

1. Aufgabenstellung und Organisation der Leistungserstellung: Die freie Verfügbarkeit von Werkzeugen im Web zu geringen Kosten erlaubt die Bearbeitung einer Aufgabenstellung durch eine Vielzahl von Akteuren. Die Organisation der Leistungserstellung kann kollaborativ oder auch kompetitiv erfolgen. Zu klären ist, wer die Initiative startet (reaktiv, proaktiv). Grundsätzlich lassen sich folgende Aufgabenfelder unterscheiden:
 - a) Routineaufgaben: Arbeiten, die mit geringem Aufwand, geringem Vorwissen und in der Regel mit wenigen Klicks im Internet erledigt werden können. Dazu gehören z.B. die (positive) Bewertung von Videos, Artikeln oder Blogbeiträgen. Hinzu kommen Aufgaben aus dem Bereich der Suchmaschinenoptimierung, deren Ziel es ist, bei Suchmaschinen höher gelistet zu werden. Hierzu verlinken Arbeiter die Website des Auftraggebers auf andere Websites und Blogs oder machen diese über soziale Medien bekannt, um möglichst viele neue Websitebesucher zu werben. Ebenso gehört die manuelle Digitalisierung von Texten zu dieser Aufgabenkategorie, wie auch das Extrahieren von Daten aus Websites oder das Versehen von Bildern mit Schlagworten. Bekannte

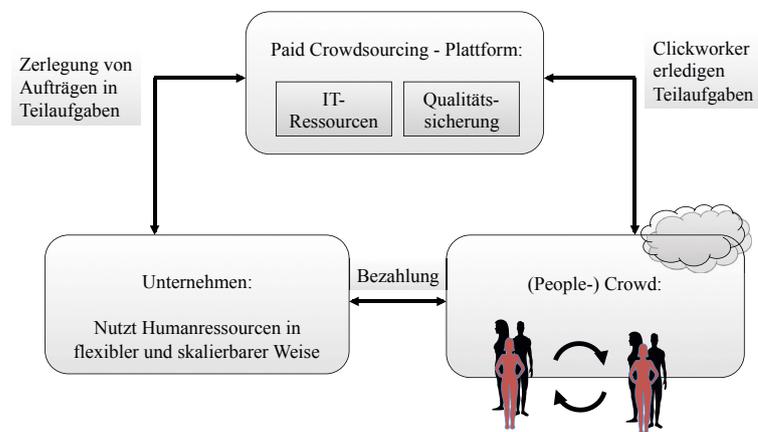
Plattformen, in denen vor allem Routineaufgaben angeboten werden, sind MicroWorkers.com und Mechanical Turk von Amazon.

b) Komplexe Aufgaben: Dazu zählen z.B. das Generieren von Inhalten, Schreiben von Foren- oder Blogbeiträgen, Kommentieren von Inhalten, Schreiben von Produktrezensionen und die Teilnahme an Nutzerumfragen. Auch das Testen von Webanwendungen und Software zum Finden von Fehlern und zur Verbesserung des Designs oder der Nutzbarkeit lässt sich dazu zählen. Ein populäres Beispiel zum Generieren von Wissen ist das Online-Lexikon Wikipedia, das von beliebigen Internetnutzern bearbeitet, erweitert oder verbessert werden kann. Die Nutzer erhalten für die Arbeiten keine monetäre Vergütung, sondern lediglich den Anreiz, etwas Nützliches zu tun (wisdom of the crowd).

c) Kreative Aufgaben: Diese umfassen z.B. Softwareentwicklung, das Lösen von komplexen Problemen und Forschungsfragen sowie die Bereitstellung kreativer Ideen. Bekanntes Beispiel ist die Crowdsourcing-Plattform Innocentive. Unternehmen können auf dieser Plattform Problemstellungen einstellen, zu welchen dann von externen Experten Lösungsansätze vorgeschlagen werden. Unternehmen stehen dabei oft nicht der entsprechende Zeiträume und das entsprechend spezialisierte Personal zur Verfügung, um die Aufgaben intern zu lösen.

2. Akteure und Qualifikation: Die vorhandenen Qualifikationen müssen in Art und Umfang zur Problemstellung passen. Zur Entwicklung möglichst vielfältiger Lösungsansätze ist eine hinreichend große Online-Community notwendig, deren Mitglieder ihr individuelles Wissen, unterschiedliche Fähigkeiten und auch persönliche Meinungen einbringen. Für einfach zu lösende Aufgaben braucht es in der Regel keine Online-Community, die sich durch vielfältige Qualifikationen und eine umfangreiche Lösungskompetenz auszeichnet.
3. Beiträge und Motivation der Akteure: Die Beiträge müssen gesammelt und bewertet werden. Zur Generierung von Beiträgen ist eine geeignete Anreizstruktur zu implementieren (vgl. Kleemann, Voß und Rieder 2008). Diese kann auf intrinsischen, extrinsischen oder einer Mischung beider Motivlagen basieren. Häufig wird monetäre Bezahlung als Anreiz verwendet, um Personen zum Arbeiten zu animieren. Andere Plattformen geben den Nutzern die Gelegenheit, ihr Wissen und ihre Kreativität einzubringen. Studien zeigen, dass in der Regel unterschiedliche Motive zusammenwirken und sich überlappen (vgl. Kaufmann, Schulze und Veit 2011; Horton und Chilton 2010).

Abb. 1
Paid Crowdsourcing als zweiseitiger Markt



Quelle: Darstellung des Autors.

Paid Crowdsourcing

Im Fall des Paid Crowdsourcings werden IuK-Services um nutzergenerierte Inhalte erweitert und/oder der Zugang zu einer skalierbaren Zahl von Online-Arbeitskräften geschaffen (Human as a Service, People Cloud). Folgende Merkmale sind wichtig (vgl. Kleemann, Voß und Rieder 2008, S. 36):

- Die Initiative geht von privaten Unternehmen aus.
- Ziel ist es, den Wertschöpfungsprozess durch kostengünstige kreative Potenziale anzureichern.
- Die Unternehmen behalten die Kontrolle über den Wertschöpfungsprozess und können entscheiden, wann und wie die Crowd einbezogen wird.

Crowdsourcing-Anbieter stehen beim Aufbau einer Plattform vor einem Henne-Ei-Problem, da sie sowohl lösungssuchende Unternehmen als auch eine hinreichend große Zahl an lösungsorientierten Akteuren (Crowd) anziehen müssen (vgl. Andris 2012). Aus ökonomischer Sicht handelt es sich um einen zweiseitigen Markt, da beide Gruppen über einen Intermediär miteinander interagieren und die Entscheidung jeder Gruppe das Ergebnis der jeweils anderen Gruppe beeinflusst (vgl. Abb. 1).

Erfolg stellt sich für einen Crowdsourcing-Anbieter nur bei Akzeptanz durch Unternehmen und hinreichende Nutzung der Plattform durch die Crowd ein. Je mehr Teilnehmer einer Marktseite die Plattform einsetzen, desto attraktiver wird die Plattform für die Nutzer der anderen Marktseite. Konstitutives Merkmal sind also indirekte Netzeffekte. Der Betreiber einer Crowdsourcing-Plattform muss geeignete Preis- bzw. Anreizstrategien etablieren, um beide Marktseiten anzuziehen und die indirekten Netzeffekte in Gang zu setzen. Aus Sicht von lösungssuchenden Unternehmen gibt es eine Reihe von Projektarten, bei denen Paid Crowdsourcing erfolgreich sein kann. Dabei handelt es sich in der Regel um Aufgaben, die nicht automatisiert bearbeitet

werden können (z.B. Texterstellung, Übersetzungen, Kategorisierung und Verschlagwortung sowie Webrecherche und Umfragen). Zumeist werden die Aufträge der Kunden vom Unternehmen in kleinere Aufgaben (Mikrotasks) zerlegt und anschließend an Clickworker delegiert (vgl. Tab. 1).

Crowdsourcing-Plattformen spezialisieren sich in der Regel auf unterschiedliche Auftraggeber, Dienste und Freiberufler. In der Regel werden die Tätigkeiten aber eher als digitaler Nebenerwerb ausgeführt. Hauptberufliche Clickworker sind bisher noch die Ausnahme. Crowdsourcing kann derzeit in unterschiedlichen Formen und Zusammenhängen praktiziert werden. Rechtlich unproblematisch ist der Fall, dass innerhalb eines Konzerns bestimmte Aufgaben ausgeschrieben werden, für die sich nur Arbeitnehmer aus anderen Unternehmensbereichen des Konzerns bewerben können. An der Arbeitnehmereigenschaft der Beteiligten ändert sich dann nichts. Neue Rechtsfragen stellen sich, wenn die Konzerngrenzen überschritten werden und sich Dritte bewerben können. Sie treten als Selbständige auf, die sich um einen Auftrag bemühen. Eine persönliche Abhängigkeit liegt nicht vor, da sie keinen Weisungen nachkommen, sondern lediglich vordefinierte Anforderungen erfüllen müssen. In der Regel besteht nur eine Rechtsbeziehung zum Plattformbetreiber. Er ist Empfänger eines Werkes oder einer Dienstleistung. Wie der Arbeitende seine Tätigkeit organisiert, interessiert weder den Plattformbetreiber noch das letztlich begünstigte Unternehmen. Das Entgelt wird vom Unternehmen an den Plattformbetreiber bezahlt, der es dann an den Crowdworker weiterleitet. Es geht also um eine reine Transaktion von Arbeitsleistung gegen Entgelt (vgl. Däubler 2014). Während beim internen Crowdsourcing der Auftragnehmer ein normaler Beschäftigter mit allen Arbeitnehmerrechten bleibt, gilt der Auftragnehmer beim externen Crowdsourcing in der Regel als Selbständiger, so dass die Arbeitnehmerschutzrechte entfallen.

Bewertung

Crowdsourcing ist mit einer Reihe von Chancen und Risiken konfrontiert. Positiv ist zu werten, dass sie für Unternehmen den Zugriff auf einen Pool an Arbeitskräften und auf Wissen ermöglicht, das die eigenen Fähigkeiten übersteigt. Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

- Verkürzung des Zeitraums der Produktentwicklung,
- Erhöhung der Marktakzeptanz von Produkten bei potenziellen Kunden,
- Senkung der Innovationskosten.

Die durch Crowdsourcing kollaborativ zusammenarbeitenden Gruppen erzeugen eine Struktur der kollektiven Intelligenz. Nach dem Prinzip »nicht jeder weiß alles, aber viele wissen etwas«, trägt jeder seinen Teil zur Problemlösung bei. Unternehmen können Kunden dadurch lösungsorientierte Produkte und Dienstleistungen anbieten, die sie an das Unternehmen binden. Die Crowd kann helfen, wichtige Informationen für das Unternehmen zu sammeln und zu strukturieren. Crowdsourcing kann es freiwillig arbeitenden Personen ermöglichen, die Tätigkeiten auszuführen, die ihnen Spaß machen. Das bekannte Arbeitsteilungsmodell wird um den Faktor der Motivation erweitert.

Die Durchführung von Crowdsourcing erfordert eine strukturierte Organisation (vgl. Unterberg 2012, S. 138 ff.). Die für die kollektive Zusammenarbeit notwendige Gruppe benötigt eine belastbare Identität und akzeptierte Regelungsmechanismen. Zu klären sind auch Verantwortlichkeiten: Wer stellt einen Konsens her, um das Scheitern eines Projekts zu verhindern? Der damit verbundene Aufwand kann kurzfristige Kostenvorteile aufwiegen. Ein Unternehmen muss die freie Meinung der Crowd akzeptieren, ansonsten droht ein Verlust an Authentizität. Dazu ist Transparenz zu erzeugen und sind Strukturen offen zu legen. Dies kann aber vor allem im Vergleich zur Konkurrenz zu Nachteilen führen. Crowdsourcing eignet sich daher in der Regel nicht für radikale Innovationen. Diese müssen nach wie vor weitgehend intern im Unternehmen geplant werden. Interne Mitarbeiter sind dann die besseren Ideengeber, da sie tiefere Einblicke in die Werte des Produktes und des Unternehmens haben.

Kritisch zu betrachten sind die negativen Auswirkungen von Crowdsourcing auf den Arbeitsmarkt, wenn die Preise für Erwerbsarbeit verfallen. Tarifrechtlich geschützte Angestellte, so die Befürchtung, werden durch Crowdworker ersetzt, die dieselbe Arbeit zu schlechteren Konditionen übernehmen. Wird die Crowd daher nur benutzt, um preiswerte

Tab. 1
Paid-Crowdsourcing-Projekt

Ablauf	Inhalt
(1) Auftragseinstellung	Einstellen des Auftrages auf eine Plattform mit Anweisungen zur Bearbeitung.
(2) Auftragszerlegung	Zerlegung eines Auftrages in einzelne Mikrotätigkeiten. Diese werden als Tasks angezeigt.
(3) Qualifizierung	Jeder Clickworker muss Tests absolvieren, um sich für die jeweilige Aufgabe zu qualifizieren. Häufig erfolgt dazu eine Ausschreibung.
(4) Bearbeitung	Qualifizierte Clickworker rufen die Mikrotätigkeiten ab und bearbeiten diese gegen ein in der Regel vorab festgelegtes Honorar.
(5) Qualitätssicherung	Durchführung einer Qualitätskontrolle.
(6) Zusammenfügen der Mikrotätigkeiten	Die erledigten Mikrotätigkeiten werden zu einer Datei zusammengefasst.
(7) Auftragszerlegung	Fertigstellung des Projekts und Download über Plattform.

Quelle: http://cyberpress.de/wiki/Paid_Crowdsourcing.

Lösungen zu finden, kann das Crowdsourcing schnell an die Grenzen der Akzeptanz stoßen. Problematisch ist die Aushöhlung des informationellen Selbstbestimmungsrechts, wenn z.B. Arbeitszeiten, persönliche Daten und Informationen zur Leistungserstellung digital gespeichert und verwaltet werden.

Crowdsourcing hat auch eine internationale Dimension. Auf Plattformen wie Freelancer und Topcoder konkurrieren Cloudworker aus vielen Ländern. Dabei könnten sich Preise herausbilden, die Teile des Wohlstands der entwickelten Volkswirtschaften in ärmere Länder exportieren. In einem ver.di-Spot im Internet erzählt das Strichmännchen »Klaus der Cloudworker« vom Arbeitsalltag im Jahr 2020 (<https://www.youtube.com/watch?v=mven2vyoxoM>): Ohne soziale Kontakte muss Klaus Tag und Nacht am Computer sitzen, um seine Rechnungen bezahlen zu können. Die ganze Welt besteht für ihn aus Rivalen. Feste Anstellungen gibt es kaum mehr, weil die zu teuer für die Unternehmen geworden sind. Es bleibt abzuwarten, ob es sich im internationalen Kontext ein »Crowdworker-Protection-Law« mit klaren Regelungen zur Vergütung, sozialen Absicherung und zum Arbeitsschutz durchsetzen lässt.

Literatur

Andris, S. (2012), *Paid-Crowdsourcing-Plattformen als zweiseitige Märkte*, Verlag für Angewandte Wirtschaftswissenschaften, Köln.

BITKOM, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (2014), *Crowdsourcing für Unternehmen. Leitfaden*, Berlin, verfügbar unter: http://www.bitkom.org/files/documents/Crowdsourcing_LF2014_web.pdf, aufgerufen am 18. April 2015.

Clement, R. und D. Schreiber (2013), *Internet-Ökonomie. Grundlagen und Fallbeispiele der vernetzten Wirtschaft*, 2. Aufl., Springer Gabler, Berlin, Heidelberg.

Däubler, W. (2014), »Crowdworker – Schutz auch außerhalb des Arbeitsrechts«, in: C. Benner (Hrsg.), *Crowdwork – zurück in die Zukunft*. Perspektiven digitaler Arbeit, Bund Verlag, Frankfurt am Main, 243–276.

Horton, J.J. und B. Chilton (2010), *The Labor Economics of Paid Crowdsourcing*, verfügbar unter: <http://arxiv.org/pdf/1001.0627.pdf>, aufgerufen am 18. April 2015.

Hoßfeld, T. et al. (2012), »Crowdsourcing. Von Machine Clouds zu Human Clouds«, *Informatiklexikon*, Gesellschaft für Informatik, verfügbar unter: <https://www.gi.de/service/informatiklexikon/detailansicht/article/crowdsourcing.html>, aufgerufen am 21. April 2015.

Howe, J. (2006), »The Rise of Crowdsourcing«, *Wired Magazine*, verfügbar unter: <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds.html>, aufgerufen am 20. April 2015.

Kaufmann, N., T. Schulze und D. Veit (2011), *More than fun and money. Worker Motivation in Crowdsourcing – A Study on Mechanical Turk: Proceedings of the Seventeenth Americas Conference on Information Systems*, August, Detroit.

Kern, R. et al. (2012), »Dynamic and Goal-based Quality Management for Human-based Electronic Services«, *International Journal of Cooperative Information Systems* 21(1), 3–29.

Kleemann, G., G. Voß und K. Rieder (2008), »Crowdsourcing und der arbeitende Konsument«, *Arbeits- und Industriesoziologische Studien* 1(1), 29–44.

Martin, N., S. Lessmann und S. Voß (2008), *Crowdsourcing: Systematisierung praktischer Ausprägungen und verwandter Konzepte*, Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Hamburg, verfügbar unter: http://ibis.in.tum.de/mkwi08/18_Kooperationssysteme/05_Martin.pdf, aufgerufen am 19. April 2015.

Unterberg, B. (2012), »Crowdsourcing (Jeff Howe)«, in: D. Michelis und T. Schildhauer (Hrsg.), *Social Media Handbuch, Theorien, Methoden, Modelle und Praxis*, 2. Aufl., Nomos, Baden-Baden, 134–148.



Daniel Buhr*

Weit mehr als Technik: Industrie 4.0¹

Noch ist die »Industrie 4.0« – die digitalisierte und vernetzte Produktion – vor allem eine Vision: Menschen, Dinge, Prozesse, Dienste und Daten – künftig wird alles miteinander vernetzt. Das Mantra: »Anything that can be digitized will be digitized«. Intelligente Objekte, ausgestattet mit Aktoren und Sensoren, mit QR-Codes und RFID-Chips, steuern sich selbst durch die smarte Fabrik und darüber hinaus, entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktentwicklung bis zum Service. Künftig könnten so alle relevanten Informationen Menschen und Maschinen in Echtzeit zur Verfügung stehen – auch den Kunden und Geschäftspartnern.

Der weltweite Wettlauf um die erfolgreichsten Ideen hat längst begonnen (vgl. Brynjolfsson und McAfee 2014). Auf der Hannover Messe Industrie wurden schon vor vier Jahren erste Konzepte zur Industrie 4.0 vorgestellt. Allerdings werden die Lösungen bisher vor allem in der Technik gesucht. Dabei spielt gerade der Mensch im Innovationsprozess eine wichtige Rolle: als Mitgestalter und Koproduzent, als Anwender und Innovator. Daher gilt es, die Industrie 4.0 als Zusammenspiel von technischen und sozialen Innovationen zu begreifen. Nur so lässt sich sicherstellen, dass möglichst viele von den Chancen profitieren können – und nicht nur ein kleiner Teil der Gesellschaft.

Welche Auswirkungen sind zu erwarten?

Die wachsende Digitalisierung wird sowohl die Wirtschaft als auch unsere Gesellschaft enorm verändern. Schon sprechen viele von der »vierten industriellen Revolution«, denn die wachsende Digitalisierung setzt zum einen traditionell erfolgreiche Geschäftsmodelle unter Druck – und erlaubt zum anderen völlig neue. So stecken in diesen Entwicklungen jede Menge Chancen, aber auch viele Risiken und Her-

ausforderungen für die Wirtschaft ebenso wie für die Gesellschaft, beispielsweise die wachsende Entgrenzung der Arbeit oder ungelöste Fragen bei Datenschutz und Datensicherheit – aber eben auch das Wegfallen bestimmter Tätigkeiten sowie das Entstehen neuer Qualifikationsanforderungen und Aufgaben.

Die Vorstellungen darüber, welche Auswirkungen die Industrie 4.0 auf Unternehmen und Branchen, Volkswirtschaften und Gesellschaften haben wird, klaffen weit auseinander (vgl. beispielsweise Frey und Osborne 2013; Picot und Neuburger 2014; Brynjolfsson, McAfee und Spence 2014). Der größte Konsens herrscht noch in der Analyse des Chancenpotenzials:

- Die Echtzeitvernetzung industrieller Prozesse mache die Produktion günstiger, ressourcenschonender und effizienter.
- Die digitale Vernetzung erlaube die direkte Einbeziehung von Kundenwünschen und die kostengünstige Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen.
- Auch die Arbeitswelt könne humaner gestaltet werden.
- Zudem böte Industrie 4.0 enormes Potenzial für neue Produkte, Dienstleistungen und Lösungen, die den Alltag der Menschen bereichern könnten.

Die Chancen der einen sind jedoch die Risiken der anderen. Denn große Traditionsunternehmen der Industrie könnten schnell das Nachsehen haben, wenn sie nicht mehr in der Lage wären, ihren Kunden passgenaue »Smart Services« anzubieten. Offene Innovationsprozesse (»Open Innovation«), Einbindung der (End-)Kunden in den Design- und Produktionsprozess sowie zielgerichtete Big Data-Analysen ermöglichen eine Vielzahl neuer Geschäftsmodelle – stellen aber bewährte ebenso massiv unter Druck. Auch in Deutschland. Gerade in jenen Branchen, die für den Erfolg einer »koordinierten Marktwirtschaft« (Hall und Soskice (2001) in besonderem Maße verantwortlich zeichnen, z.B. der Maschinen-, Anlage- und Fahrzeugbau. Hier wird ein großer Teil des Umsatzes mit dem Verkauf von Ersatzteilen, Anpassungen und Dienstleistungen erzielt. Über Jahre hinweg haben die Anbieter dafür ein dichtes Netz an Vertriebs-, Service- und Kundendienstpartnern aufgebaut, um möglichst nah und direkt am Kunden zu sein. In der Industrie 4.0 könnten sich durch intelligente Software mit entsprechenden Datenanalysen an der bisherigen Schnittstelle zwischen Hersteller und Kunden ganz neue Marktteilnehmer einklinken: Dienstleister, die herstellerübergreifend Service, präventive Wartung und schnelle Ersatzteilversorgung anbieten – und so traditionelle Anbieter aus dem Markt drängen.

In diesem Zusammenhang fällt auf, dass sich große Teile der Gesellschaft noch nicht sehr intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt haben. Stand heute ist es ein eher technischer Begriff, der vor allem die Wirtschaft beschäftigt. Allerdings

* Prof. Dr. Daniel Buhr lehrt an der Wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen.

¹ Dieser Beitrag fußt auf einer Studie, die ich im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung durchgeführt habe (vgl. Buhr 2015).

zeigen sich auch hier enorme Unterschiede – abgesehen von einer Avantgarde aus Pionierunternehmen, sind die Entwicklungen für die meisten Unternehmen bisher eher abstrakt. So erkennen zwar 92% der Mitglieder des BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie) in der Industrie 4.0 die größte Herausforderung für die Zukunft – aber nur 12% fühlen sich darauf vorbereitet (vgl. Klein und acatech).

Das beginnt schon beim Digitalisierungsgrad. Dieser unterscheidet sich innerhalb der deutschen Wirtschaft noch stark nach Branche und Unternehmensgröße (vgl. Accenture 2014; DZ Bank und GfK Enigma 2014). Zugespitzt formuliert: Je größer das Unternehmen, desto wichtiger nimmt es die Digitalisierung. Das heißt, gerade viele kleine und mittelgroße Unternehmen haben hier Nachholbedarf. Vor allem die Metall-, Chemie- und Bauindustrie, aber auch der Handel sind hier die Digitalisierungsnachzügler (vgl. Accenture 2014).

Gerade mit Blick auf die anhaltend schwache Investitionsbereitschaft in Deutschland verknüpfen viele Studien und Analysen² hohe Erwartungen an die vierte industrielle Revolution. So weist heute nur rund jedes fünfte Unternehmen einen hohen Digitalisierungsgrad auf – in fünf Jahren werden es (allerdings nach eigenen Angaben) mehr als 80% aller Unternehmen sein. Es wird daher prognostiziert, dass die deutsche Industrie bis 2020 jährlich allein 40 Mrd. Euro in Industrie 4.0-Lösungen investieren wird (vgl. PricewaterhouseCoopers (PwC) 2014).

Folgen für die Arbeitswelt

Was bedeuten diese Entwicklungen für Mensch und Gesellschaft? Beginnen wir mit der Arbeitswelt. Hier zeichnen sich schon heute folgende Entwicklungstrends ab (vgl. MÜNCHNER KREIS 2013; Picot und Neuburger 2014):

1. Die Arbeitsgestaltung wird zeitlich und räumlich immer flexibler;
2. die Arbeitsabläufe werden stärker digitalisiert und automatisiert, enthierarchisiert und dezentralisiert; und sie werden dadurch auch transparenter.

Entgegen der Diskussionen der 1980er Jahre heißt es heute aber nicht mehr Mensch oder Maschine. Vielmehr drehen sich die meisten Szenarien um das Verhältnis von Mensch und Maschine:

1. Das *Automatisierungsszenario*: Systeme lenken Menschen. Kontroll- und Steuerungsaufgaben werden durch die Technologie übernommen. Sie bereitet Infor-

mationen auf und verteilt diese in Echtzeit. Beschäftigte werden durch Cyber-Physische-Systeme (CPS) gelenkt und übernehmen vorrangig ausführende Tätigkeiten. Die Fähigkeiten von Geringqualifizierten werden dabei entwertet.

2. Das *Hybridszenario*: Kontroll- und Steuerungsaufgaben werden kooperativ und interaktiv durch Technologien, vernetzte Objekte und Menschen wahrgenommen. Die Anforderungen an die Arbeitnehmer steigen, da sie deutlich flexibler sein müssen.
3. Das *Spezialisierungsszenario*: Menschen nutzen Systeme. CPS ist ein Werkzeug und wirkt entscheidungsunterstützend. Die dominante Rolle der Facharbeit bleibt erhalten.

Mit der zunehmenden Digitalisierung werden Produktions- und Wissensarbeit weiter zusammenwachsen (vgl. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2013). Arbeitsprozesse lassen sich so künftig effizienter und effektiver durchführen; auch weil sie eine Vielzahl neuer, entlastender Assistenzsysteme bereitstellen. Das heißt aber auch: Administrations- und Produktionsprozesse werden weiter automatisiert. Bestimmten Arbeitsprozessen und Berufsgruppen (vor allem Hochqualifizierten) werden sich vielfältige Möglichkeiten für die Gestaltung des eigenen Arbeitslebens eröffnen, sowohl was die zeitliche und örtliche Abwicklung als auch die Art der Tätigkeit und den Zugang zu ihr betrifft.

Es wird vermutet, dass es dabei zu einer Polarisierung der Beschäftigung kommt, indem durch Industrie 4.0 bestimmte Tätigkeiten im mittleren Qualifikations- und Lohnbereich zunächst automatisiert werden und dadurch wegfallen. Im Gegenzug gewinnen die bisher am unteren und oberen Qualifikationsrand eingeordneten, weniger automatisierbaren, eher erfahrungs- und interaktionsbasierten Berufsfelder an Relevanz. Hier könnten auch verstärkt neue Berufsfelder entstehen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014). Zudem würde sich durch die wachsende Entbetrieblichung der Arbeit die Schar der »Click-Worker« und »Cloud-Arbeiter«, die schlechter bezahlt und als Freelancer sozial weniger abgesichert sind, vermutlich deutlich erhöhen (vgl. Bertelsmann Stiftung 2014).

Industrie 4.0 als soziale Innovation

Wie können wir also sicherstellen, dass von den Entwicklungen um die Industrie 4.0 nicht nur ein kleiner Teil der Gesellschaft profitiert – sondern möglichst viele? Indem wir sie auch als eine soziale Innovation begreifen. Denn soziale Innovationen haben einen entscheidenden Einfluss darauf, ob eine technische Invention (Erfindung) zur verbreiteten Innovation wird (so die Unterscheidung von Schumpeter), auf welchen Wegen und Kanälen sie sich ausbreitet (diffundiert)

² (vgl. beispielsweise Accenture (2014); Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM) und Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2014); DZ Bank und GfK Enigma (2014); PricewaterhouseCoopers (PwC) (2014); Roland Berger (2014); Staufen (2014).

und welche Wirkung sie dabei entfaltet (vgl. Franz 2010). Eine soziale Innovation ist eine zielgerichtete Neukonfiguration sozialer Praktiken, mit dem Ziel, Probleme oder Bedürfnisse besser zu lösen bzw. zu befriedigen, als dies auf der Grundlage etablierter Praktiken möglich ist (vgl. Howaldt, Kopp und Schwarz 2008), und damit einen Beitrag zum sozialen Fortschritt zu leisten.

Besser: für wen? Hier zeigt sich noch ein weiterer Subtext der Definition, seine normative Aufladung nämlich. In diesem Verständnis ist eine Innovation nur dann sozial, wenn sie gesellschaftlich akzeptiert wird, breit in die Gesellschaft bzw. bestimmte gesellschaftliche Teilbereiche diffundiert und schließlich als neue soziale Praktik institutionalisiert bzw. routinisiert wird (vgl. Zapf 1989). Diese gesellschaftliche Nützlichkeit hat die Industrie 4.0 noch unter Beweis zu stellen. Erst wenn die Entwicklungen in und um die Industrie 4.0 auch ihren gesellschaftlichen Mehrwert entfalten (z. B. »Gute Arbeit« bzw. neue Qualität der Arbeit), wenn sich also soziale Praktiken etablieren, die »besser für die Menschen« sind – als Konsumenten, aber eben auch auf der Anbieterseite, als Beschäftigte in den Smart Factories der Zukunft – ist der Doppelcharakter der sozialen Innovation tatsächlich erfüllt.

Fazit

Auffallend ist, dass sich viele Publikationen zur Industrie 4.0 hauptsächlich um das Internet der Dinge, intelligente Objekte und Smart Factories drehen. Noch wird das Phänomen »Industrie 4.0« eher technisch angegangen. Die Frage, was das für die Menschen und unsere Gesellschaft als Ganzes bedeutet, ist bisher eher schwach ausgeleuchtet. Doch die wachsende Digitalisierung wird nicht nur Maschinen, Fabriken und Branchen, sondern auch Gesellschaften enorm verändern. Daher gilt es, uns, den Menschen, als den zentralen Treiber von technischen und sozialen Innovationen zu verstehen. Als Mitgestalter und Mitbestimmerin. Dann werden aus Betroffenen konstruktive Koproduzenten der Industrie 4.0, die den Diffusionsprozess der Digitalisierung auch in andere gesellschaftliche Bereiche vorantreiben und beschleunigen können. Damit sich aus technischem Fortschritt auch sozialer Fortschritt entwickeln kann.

Literatur

Accenture (2014), *Neue Geschäfte neue Wettbewerber. Deutschlands Top 500 vor der digitalen Herausforderung*, Kronberg i.T., verfügbar unter: <http://www.accenture.com/sitecollectiondocuments/pdf/accenture-studie-deutschlands-top500.pdf>.

Bertelsmann Stiftung (2014), »Arbeit in der digitalen Welt – Jobless Growth und Cloudworking«, *Policy Brief* 2014/03, Gütersloh.

Brynjolfsson, E. und A. McAfee (2014), *The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, New York.

Brynjolfsson, E., A. McAfee und M. Spence (2014), »New World Order – Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy«, *Foreign Affairs* 93(4), 44–53.

Buhr, D. (2015), *Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0*, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM) und Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2014), *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*, Berlin, Stuttgart.

DZ Bank und GfK Enigma (2014), *Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung – Bedeutung für den Mittelstand*, Frankfurt am Main, Wiesbaden.

Franz, H.-W. (2010), »Qualitätsmanagement als soziale Innovation«, in: J. Howaldt und H. Jacobsen (Hrsg.), *Soziale Innovation. Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 335–354.

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2013), *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*, Stuttgart, verfügbar unter: <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/iao-news/produktionsarbeit-der-zukunft.pdf>.

Frey, C.B. und M.O. Osborne (2013), *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*, Oxford Martin School, Oxford.

Hall, P.A. und D. Soskice (2001), »An Introduction to Varieties of Capitalism«, in: P.A. Hall und D. Soskice (Hrsg.), *Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage*, Oxford University Press, Oxford, 1–68.

Hirsch-Kreinsen, H. (2014), »Welche Auswirkungen hat »Industrie 4.0« auf die Arbeitswelt?«, *WISO direkt*, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Howaldt, J., R. Kopp und M. Schwarz (2008), »Innovationen (forschend) gestalten – Zur neuen Rolle der Sozialwissenschaften«, *WSI Mitteilungen* (2), 63–69.

Klein, M. und acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (2014), »Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0«, Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0 am 21. Mai 2014 in Berlin.

MÜNCHNER KREIS (2013), *Innovationsfelder der digitalen Welt – Bedürfnisse von übermorgen*, Zukunftsstudie MÜNCHNER KREIS Band V, München.

Picot, A. und R. Neuburger (2014), »Arbeit in der digitalen Welt«, Zusammenfassung der Ergebnisse der AG 1-Projektgruppe anlässlich der IT-Gipfelprozesse 2013 und 2014, Hamburg; München.

PricewaterhouseCoopers (PwC) (2014), *Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*, München; Frankfurt a.M..

Roland Berger (2014), *Industry 4.0 – The New Industrial Revolution: How Europe Will Succeed*, München, verfügbar unter: <http://sitic.org/wp-content/uploads/INDUSTRY-4.0-The-new-industrial-revolution-How-Europe-will-succeed.pdf>.

Staufen (2014), *Deutscher »Industrie 4.0« Index – Auf dem Weg zur Fabrik der Zukunft*, Köngen.

Zapf, W. (1989), »Über soziale Innovationen«, *Soziale Welt* 40(1–2), 170–183.



Hartmut Hirsch-Kreinsen*

Industrie 4.0: Entwicklungsperspektiven von Arbeit

Technologieschub mit eindeutigen Konsequenzen?

Im Mainstream der aktuellen Diskussion über die Entwicklungs- und Anwendungsmöglichkeiten der Informationstechnologie wird davon ausgegangen, dass gegenwärtig ein ausgesprochener technologischer Entwicklungsschub stattfindet. Er öffnet bislang völlig neue und unbekannte technologische Nutzungspotenziale mit geradezu disruptiven sozialen und ökonomischen Folgen (vgl. Avant 2014). Im Hinblick auf die industrielle Produktion wird danach ein neues Zeitalter erkennbar, das im deutschen Sprachraum als »vierte Industrielle Revolution« bzw. »Industrie 4.0« (vgl. Forschungsunion und acatech 2013) bezeichnet wird.

Insbesondere im Kontext der weit über die Grenzen der Fachöffentlichkeit hinausreichenden Industrie-4.0-Debatte wird unisono davon ausgegangen, dass sich im Fall einer breiten Diffusion dieser neuen Technologien die bisherige Landschaft der Arbeit in der industriellen Produktion nachhaltig verändern wird. Obgleich zu dieser Frage derzeit kaum valide Forschungsergebnisse vorliegen, legt eine Vielzahl von Studien die Auffassung nahe, dass sich mit den neuen Technologien absehbar ein generelles »Upgrading« von Tätigkeiten und Qualifikationen verbinden wird (vgl. z.B. Spath et al. 2013; Bauernhansel 2014; Kagermann 2014; Plattform Industrie 4.0 2014). Als die zentrale Ursache hierfür gilt, dass digitale Technologien einfache Tätigkeiten weitgehend automatisieren und daher substituieren. Als eine weitere Ursache hierfür wird der Umstand angesehen, dass der Einsatz digitaler Technologien ganz generell zu einer steigenden Verfügbarkeit einer großen Vielfalt von Informationen über laufende Prozesse führt. Deren Komplexität und Nutzung ziehe neue und erhöhte Anforderungen an Tätigkeiten und Qualifikationen nach sich. So betont beispielsweise Henning Ka-

germann, einer der führenden Vertreter der Vision Industrie 4.0, dass Mitarbeiter in Zukunft weniger als »Maschinenbediener« eingesetzt werden, »sondern mehr in der Rolle des Erfahrungsträgers, Entscheiders und Koordinators ... die Vielzahl der Arbeitsinhalte für den einzelnen Mitarbeiter nimmt zu« (Kagermann 2014, S. 608).

Demgegenüber verfügt sozialwissenschaftliche Arbeitsforschung über einen breiten Fundus konzeptioneller und empirischer Forschungsergebnisse, die instruktiv zeigen, dass die Entwicklung und die Implementation neuer Technologien, also auch die von Industrie-4.0-Systemen, alles andere als bruchlos und widerspruchsfrei verlaufen und vor allem die sozialen Effekte kaum eindeutig ableitbar sind. Spätestens seit der kritischen Debatte um den »Technikdeterminismus« in den 1970er und 1980er Jahren wird davon ausgegangen, dass zwischen technischen Systemen und ihren Konsequenzen für Arbeit eine von vielen nicht-technischen und sozialen Faktoren beeinflusste Beziehung besteht. Keineswegs darf eine durch Technikauslegung eindeutige und festliegende Beziehung zwischen beiden Dimensionen angenommen werden (vgl. Lutz 1987; zusammenfassend Pfeiffer 2013). Die Analyse des Zusammenspiels der neuen Technologie und der dadurch induzierten personellen und organisatorischen Veränderungen erfordert vielmehr den Blick auf das Gesamtsystem der Produktion und die hier wirksamen Zusammenhänge. Die neuen Produktionssysteme sind daher, einer lange zurückreichenden arbeitssoziologischen Debatte folgend, als sozio-technische Systeme zu verstehen (vgl. Trist und Bamforth 1951). Allein in dieser analytischen Perspektive sind hinreichend begründete Aussagen über die Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsmöglichkeiten für Arbeit möglich. Daher muss auch von einem weiten Verständnis von Produktionsarbeit ausgegangen werden. Denn betroffen von den absehbaren Wandlungstendenzen sind alle direkt und indirekt wertschöpfenden Tätigkeiten in Industriebetrieben; das heißt, betroffen sind die operative Ebene des Fertigungspersonals, wie aber auch die Bereiche des unteren und mittleren Managements von Produktionsprozessen sowie die Gruppe der technischen Experten. Folgt man diesen kategorialen Bestimmungen, so erweisen sich Wandlungstendenzen und Gestaltungserfordernisse von Produktionsarbeit in den folgenden Dimensionen als relevant.¹

Vieldimensionaler Wandel von Produktionsarbeit

Ausgangspunkt der Analyse ist die Dimension der unmittelbaren *Mensch-Maschine-Interaktion*. Aus arbeitssoziologischer Sicht erweist sich hier als zentrales Problem, inwieweit die Beschäftigten unmittelbar am System überhaupt in der Lage sind, dieses zu kontrollieren und damit die Verantwor-

* Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen ist Professor für Wirtschafts- und Industriosozologie an der Technische Universität Dortmund.

¹ Vgl. hierzu und zum Folgenden ausführlich: Hirsch-Kreinsen (2014) sowie Hirsch-Kreinsen et al. (2015).

tung über den Systembetrieb zu übernehmen. Denn es kann davon ausgegangen werden, dass die überwachenden Personen bei technologisch komplexen und automatisierten Systemen nicht in jedem Fall in der Lage sind, diesen Funktionen nachzugehen, da die funktionale und informationelle Distanz zum Systemablauf zu groß ist. Die Folge ist, dass das Bedienungspersonal die Anlagenzustände nicht mehr zutreffend einschätzen kann und unter Umständen falsche Entscheidungen in Hinblick auf Eingriffe in den automatischen Prozess trifft. Die Automationsforschung spricht in diesem Zusammenhang von den »ironies of automation« (Lisanne Bainbridge), wonach automatisierte Prozesse auf Grund ihres hohen Routinecharakters bei Störungen nur schwer zu bewältigende Arbeitssituationen erzeugen. Eine an solchen Herausforderungen orientierte Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle muss nun sicherstellen, dass hinreichend qualifizierte Arbeitskräfte in der Lage sind, ihren Überwachungsaufgaben effektiv nachzukommen.

Eine weitere zentrale Dimension und Herausforderung ist die Gestaltung der Aufgaben und Tätigkeitsstrukturen auf der *operativen Ebene des Shopfloors* im Kontext der smarten Produktionssysteme. Folgt man den verfügbaren Evidenzen, so lassen sich die absehbaren Entwicklungstendenzen wie folgt skizzieren:

- Zum Ersten ist davon auszugehen, dass Arbeitsplätze mit niedrigen Qualifikationsanforderungen und einfachen, repetitiven Tätigkeiten durch intelligente Systeme in hohem Maße substituiert werden. Als Beispiele hierfür sind einfache Tätigkeiten in der Logistik, bei der Maschinenbedienung und bei der bisher manuellen Datenerfassung und -eingabe zu nennen. In welchem Umfang Substitutionsprozesse aber eintreten werden ist derzeit allerdings kaum abschätzbar.
- Zum Zweiten kann für die früher qualifizierte Facharbeiterebene eine Tendenz zur Dequalifizierung von Tätigkeiten befürchtet werden. Zu nennen sind hier Aufgaben wie Maschinenbedienung sowie verschiedene Kontroll- und Überwachungsfunktionen, die automatisiert werden. Auch Dispositionsentscheidungen in der Produktionslogistik könnten mit Hilfe der neuen Systeme teilweise automatisiert werden. Sie greifen folglich nur noch in seltenen Ausnahmefällen in die Produktionsabläufe ein. In der Forschung wird daher von einer verbleibenden »Residualkategorie« von qualifizierter Produktionsarbeit gesprochen.
- Zum Dritten kann aber auch eine Qualifikationsaufwertung und Tätigkeitsanreicherung erwartet werden. Als Grund hierfür können die erhöhte Komplexität der Fertigung und die informationstechnologische Dezentralisierung von Entscheidungs-, Kontroll- und Koordinationsfunktionen angesehen werden. Daher werden die betroffenen Beschäftigten auf der operativen Ebene gefordert sein, zunehmend eigenständig zu planen und Ab-

läufe abzustimmen. Erforderlich wird beispielsweise ein breiteres Verständnis über das Zusammenwirken des gesamten Produktionsprozesses, der Logistikanforderungen sowie der Lieferbedingungen.

Neben dem angesprochenen Aufgaben- und Qualifikationsanforderungen muss bei der Arbeitsgestaltung auf der operativen Arbeitsebene auch das mögliche hohe Kontrollpotenzial der neuen Systemtechniken in Rechnung gestellt werden. Die Frage, welche Möglichkeiten sich hiermit verbinden und wie sie faktisch in Unternehmen genutzt werden, lässt sich derzeit kaum beantworten. In jedem Fall aber wird die Furcht vor dem durch die neuen technologischen Systeme möglichen »gläsernen Mitarbeiter« ein wichtiger Einflussfaktor auf die Akzeptanz der neuen Technologien bei Beschäftigten und Arbeitnehmerinteressenvertretungen sein.

Fragt man, wie sich Produktionsarbeit in der *hierarchischen Dimension* verändert, so finden sich bislang nur wenig eindeutige Forschungsergebnisse. Höhere hierarchische Ebenen der Planungs- und Managementbereiche sind entweder indirekt von einer Systemeinführung auf der Shopfloor-Ebene betroffen oder neue Planungs- und Steuerungssysteme finden unmittelbar in diesen Bereichen Einsatz. Zusammenfassend können widersprüchliche Konsequenzen für die indirekten Bereiche angenommen werden:

- Zum Ersten deuten Evidenzen darauf hin, dass auf Grund der dezentralen Selbstorganisation der Systeme und einer entsprechend flexiblen Arbeitsorganisation auf der operativen Ebene ein Teil von bisher auf der Leitungsebene von technischen Experten und vom Produktionsmanagement ausgeführten Planungs- und Steuerungsfunktionen »nach unten« abgegeben werden. Das heißt, mit Industrie-4.0-Systemen verbindet sich ein Dezentralisierungsschub und Hierarchieabbau innerhalb oft ohnehin schon relativ »flach« strukturierter Fabrikorganisationen.
- Zum Zweiten ist davon auszugehen, dass eine ganze Reihe von Aufgaben in indirekten Bereichen automatisiert und damit vereinfacht oder gar substituiert werden können. Je nach Systemauslegung kann es sich dabei um Planungs- und Steuerungsaufgaben, Tätigkeiten der Instandhaltung und des Service, wie aber auch qualitätssichernde Aufgaben handeln.
- Zum Dritten dürften komplexitätsbedingt erweiterte und neue Planungsaufgaben auf diese Bereiche zukommen. Einige Hinweise deuten darauf hin, dass angesichts der Systemkomplexität Aufgaben des »troubleshooting« deutlich an Bedeutung gewinnen. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass auf der Planungs- und Managementebene früher getrennte Aufgaben und Kompetenzen, beispielsweise IT- und Produktionskompetenzen, verschmelzen.

Ogleich sie bislang wenig eindeutig sind, lassen diese Hinweise den Schluss zu, dass die Planungs- und Managementbereiche in Folge der Einführung von Industrie-4.0-Systemen längerfristig ebenso nachhaltig betroffen sein werden wie die operative Ebene. Mehr noch, es ist davon auszugehen, dass der Wandel und eine entsprechende Gestaltung auch der Leitungsebenen unverzichtbare Voraussetzung für die Beherrschung der neuen Technologien ist.

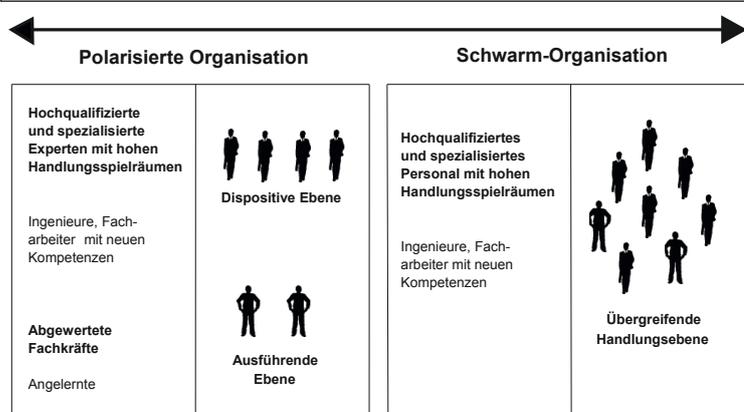
Gestaltungsalternativen existieren

Resümiert man die vorliegenden Befunde über den Wandel von Tätigkeits- und Qualifikationsstrukturen, so wird zunächst deutlich, dass die Perspektive einer vollständigen Automatisierung und der menschenleeren Fabrik aus technologischen und ökonomischen Gründen keine realistische Perspektive darstellen kann. Zugleich ist aber auch kein »one-best-way« der Entwicklung von Arbeit an smarten Produktionssystemen erkennbar. Auszugehen ist vielmehr von einem breiten Spektrum divergierender Muster der Arbeitsorganisation:

Das eine Muster entspricht einem Gestaltungsansatz, der auf den skizzierten Tendenzen der innerbetrieblichen Heterogenisierung von Aufgaben, Qualifikationen und Personaleinsatz beruht. Es finden sich in den Produktionssystemen einerseits eine vermutlich nur noch geringe Zahl einfacher Tätigkeiten mit geringem oder keinem Handlungsspielraum, die laufende standardisierte Überwachungs- und Kontrollaufgaben ausführen. Andererseits ist eine ausgeweitete oder auch neu entstandene Gruppe hochqualifizierter Experten und technischer Spezialisten anzutreffen, deren Qualifikationsniveau deutlich über dem bisherigen Facharbeiterniveau liegt. Diesen Beschäftigten obliegen nicht nur dispositive Aufgaben etwa der Störungsbewältigung, sondern sie übernehmen verschiedentlich auch Aufgaben des Produktionsmanagements. Verkürzt kann dieses arbeitsorganisatorische Muster als Polarisierte Organisation bezeichnet werden (vgl. Abb. 1).

Das andere Muster des Spektrums wird von einem arbeitsorganisatorischen Gestaltungsansatz gebildet, der metaphorisch als *Schwarm-Organisation* bezeichnet werden kann. Diese Form der Arbeitsorganisation ist durch eine lockere Vernetzung sehr qualifizierter und gleichberechtigt agierender Beschäftigter gekennzeichnet. Einfache und niedrig qualifizierte Tätigkeiten sind hier nicht anzutreffen, denn sie sind weitgehend durch die Automatisierung substituiert worden. Zentrales Merkmal dieses Organisationsmusters ist, dass es keine definierten Aufgaben für einzelne Beschäftigte gibt, vielmehr handelt das Arbeitskollektiv selbst organisiert, hoch

Abb. 1
Polarisierte Organisation vs. Schwarm-Organisation



Quelle: Darstellung des Autors.

flexibel und situationsbestimmt je nach zu lösenden Problemen im und am technologischen System. Anders formuliert, dieses Muster der Arbeitsorganisation zielt auf die explizite Nutzung informeller sozialer Prozesse der Kommunikation und Kooperation und der damit verbundenen extrafunktionalen Kompetenzen und des akkumulierten spezifischen Prozesswissens der Beschäftigten.

Insgesamt bezeichnen diese beiden arbeitsorganisatorischen Muster grundlegend unterschiedliche Perspektiven von Produktionsarbeit. Vermutlich werden sich auf Dauer Mischformen und Zwischenlösungen einspielen. Diese beiden Muster verweisen jedoch darauf, dass Unternehmen bei der Einführung von Industrie-4.0-Systemen nicht nur organisatorische und personalpolitische Wahlmöglichkeiten haben, sondern sich damit auch je nach der konkreten betrieblichen Situation auch sehr verschiedene soziale und ökonomische Effekte verbinden können. Welcher Art diese sind und welche Einflussgrößen die konkrete Arbeitsgestaltung bei der Einführung von Industrie-4.0-Systemen bestimmen, muss Gegenstand intensiver Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen sein.

Literatur

Avant, R. (2014), »The Third Great Wave«, *The Economist*, 4. Oktober, Special Report.
 Bauernhansel, Th. (2014), »Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma«, in: Th. Bauernhansel, M. ten Hompel und B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Springer Vieweg, Wiesbaden, 5–36.
 Forschungsunion und acatech (2013): *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0.*, Berlin.
 Hirsch-Kreinsen, H. (2014), »Wandel von Produktionsarbeit – ›Industrie 4.0‹«, *WSI-Mitteilungen* 67(6), 421–429.
 Hirsch-Kreinsen, H., P. Ittermann und J. Niehaus (Hrsg., 2015), *Digitalisierung von Industriearbeit*. Edition sigma, Berlin, im Erscheinen.

Kagermann, H. (2014), »Chancen von Industrie 4.0 nutzen«, in: Th. Bauernhansl, M. ten Hompel und B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 603–614.

Lutz, B. (1987), »Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen«, in: B. Lutz (Hrsg.), *Technik und Sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages*, Frankfurt am Main, 34–57.

Pfeiffer, S. (2013), »Arbeit und Technik«, in: H. Hirsch-Kreinsen und H. Minszen (Hrsg.), *Lexikon der Arbeits- und Industriosozologie*, Edition sigma, Berlin, 48–53.

Plattform Industrie 4.0 (2014), *Neue Chancen für unsere Produktion. 17 Thesen des Wissenschaftlichen Beirats der Plattform Industrie 4.0*, Berlin.

Spath, D., O. Ganschar, S. Gerlach, M. Hämmerle, T. Krause und S. Schlund (Hrsg. 2013), *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*, Stuttgart.

Trist, E. und K. Bamforth (1951), »Some Social and Psychological Consequences of the Long Wall Method of Coal-Getting«, *Human Relations* 4(1), 3–38.



Oliver Falck, Alexandra Heimisch, Anita Jacob-Puchalska und Andreas Mazat*

Industrie 4.0: Erwartungen und absehbare Effekte

Kaum eine andere Technologie hat unser gesellschaftliches Leben und die ökonomischen Strukturen so verändert wie die Informations- und Kommunikationstechnologie. Das Internet beeinflusst die Art und Weise, wie wir Informationen suchen, wie wir einkaufen, wie wir miteinander kommunizieren, wie wir einen Job suchen, wie wir uns an fremden Orten zurechtfinden und macht auch vor der Produktion von Gütern nicht halt. Gerade für den Produktionsstandort Deutschland ist die Digitalisierung in der Produktion von besonderer Bedeutung, gilt es doch, die Stellung als einer der größten Industrieausrüster auch in einer digitalisierten Produktionslandschaft zu halten. Auch für die Bundesregierung ist die Industrie 4.0 »aufgrund ihrer volkswirtschaftlichen Hebelwirkung von besonderer Bedeutung« (BMBF 2014, S. 36).

Der Begriff Industrie 4.0 wurde auf der Hannover Messe 2013 erstmals einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt und rückt seitdem zunehmend in den Fokus der Berichterstattung. Doch was genau verbirgt sich hinter Industrie 4.0? Der Begriff steht für die Vision einer vierten industriellen Revolution, die in der Industrie zu vergleichbar weitreichenden Veränderungen führen soll wie die Mechanisierung durch Dampfkraft, die Massenproduktion und die Automatisierung.

Industrie 4.0 ist ein technologiegetriebener Ansatz, der in seiner Umsetzung eine Fortentwicklung der Automatisierung darstellt. Im Grunde geht es um die konsequente Verknüpfung von Automatisierungstechnik mit den Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologie zu einem ganzheitlichen Ansatz. Dadurch werden völlig neue Grade der Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette erreicht, die neue Möglichkeiten bieten, Produktionsprozesse zu verbinden. Damit einher geht eine Neuorganisation der gesamten Wertschöpfungsnetzwerke (vgl. Plattform Industrie 4.0 2013).

* Prof. Dr. Oliver Falck ist Professor an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Leiter des ifo Zentrums für Industrieökonomik und neue Technologien, Alexandra Heimisch und Andreas Mazat sind Doktoranden, Anita Jacob-Puchalska ist Fachreferentin am ifo Zentrum für Industrieökonomik und neue Technologien.

Als Grundlage hierfür dienen Daten, die in allen Instanzen entlang der Wertschöpfungskette gesammelt und nun verknüpft und intelligent ausgewertet werden. Daraus ergeben sich große Potenziale für die Industrie, die aus einer Effizienzsteigerung in der Produktion sowie aus der Entstehung neuer Produkte und neuer, zumeist serviceorientierter Geschäftsmodelle resultieren. Durch die kontinuierliche Datenerfassung in der Produktion werden beispielsweise neue Instandhaltungskonzepte ermöglicht, indem unter anderem Ausfallzeiten von Maschinen weitaus besser prognostiziert werden können. Außerdem können Standzeiten sinken, weil eine Maschine im Problemfall selbstständig alle relevanten Informationen an die entsprechenden Stellen meldet und der Fehler etwa über Fernwartung schnell behoben werden kann.

Auch lassen sich in einer digitalisierten und vernetzten Produktion Ressourcen einsparen. So kann beispielsweise durch eine Auswertung der im Produktionsprozess erfassten Daten der exakte Stromverbrauch der einzelnen Produktionsschritte detailliert bestimmt und an der Anlage visualisiert werden. Durch ein Zuspätschieben von Strompreisen in Echtzeit können stromintensive Fertigungsschritte bei kurzfristig stark gestiegenen Preisen zeitlich verschoben werden. Auch außerhalb der Produktion bieten sich durch Digitalisierung und Industrie 4.0 neue Möglichkeiten zur Steigerung der Produktqualität. Eine Auswertung kontinuierlich erfasster Nutzungsdaten von Kunden erlaubt beispielsweise Autoherstellern, ihre Modelle zu optimieren.

Die Umsetzung der Industrie 4.0 bringt weitreichende Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen mit sich, die auf eine Transformation des Wirtschaftsgefüges in Richtung datengetriebener Geschäftsmodelle hinauslaufen. Technisch hochwertige Maschinen werden auch weiterhin benötigt, doch gewinnen aufgrund der Durchdringung der Maschinen mit Informations- und Kommunikationstechnologie angewandte Software und andere IT-Dienstleistungen spürbar an Bedeutung. Die Wertschöpfung verschiebt sich somit zum Teil in den IT-Sektor (vgl. Fraunhofer-Institut für Produktion und Automatisierung 2015).

Die Bundesregierung sieht in der Umsetzung der Industrie 4.0 einen maßgeblichen Beitrag für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie. Sie hat daher die Förderung von Industrie 4.0 im Dezember 2013 in ihren Koalitionsvertrag aufgenommen, im Wortlaut heißt es: »Die Digitalisierung der klassischen Industrie mit dem Zukunftsprojekt Industrie 4.0 werden wir vorantreiben« (vgl. Bundesregierung 2013, S. 139). Der Bundesverband der digitalen Wirtschaft, BITKOM, schätzt für den Zeitraum von 2013 bis 2025 die kumulierten Produktivitätssteigerungen für ausgewählte Wirtschaftsbereiche auf bis zu 30%. Diese Produktivitätssteigerungen sollen einhergehen mit einer Steigerung der absoluten Bruttowertschöpfung von 79 Mrd. Eu-

ro; dies entspricht einer jährlichen Steigerung von 1,7%.¹ Für diese Berechnungen betrachtet der BITKOM branchenspezifische Wertschöpfungsketten und identifiziert mit Hilfe von Experteninterviews das Veränderungspotenzial der Industrie 4.0. Allerdings sind die tatsächlichen Auswirkungen schwer einschätzbar, da weder vorhergesehen werden kann, welche Industrie-4.0-Technologien sich durchsetzen und welche Branchen sie hauptsächlich betreffen werden, noch eindeutig zu erkennen ist, welchen Einfluss diese auf die Wettbewerbsfähigkeit der adaptierenden Unternehmen ausüben werden (vgl. BITKOM und Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation 2014).

Um uns der Beantwortung der Frage, welche Impulse wir von Industrie 4.0 erwarten können, anzunähern, stellen wir im Folgenden die Effekte von Computerisierung und Automatisierung dar, die in der Industrie 4.0 konsequent verknüpft werden und bereits separat Produktivitäts-, Wachstums- und Arbeitsmarkteffekte entfaltet haben, die quantifiziert werden können. Diese sind generell positiv, jedoch bergen Computerisierung und Automatisierung – und damit wohl auch deren Verknüpfung in der Industrie 4.0 – potenzielle Gefahren für Teile des Arbeitsmarktes.

Graetz und Michaels (2015) zeigen, dass die steigende Automatisierung durch den Einsatz von Robotern in den letzten 20 Jahren positive Produktivitätseffekte hatte. Für Deutschland kommen die Autoren zu dem Schluss, dass ein Ausbleiben der Robotisierung in den letzten 20 Jahren zu einer jeweils etwa 23% geringeren Arbeitsproduktivität und Wertschöpfung in Industrien, die Roboter einsetzen, geführt hätte. Für die deutsche Volkswirtschaft insgesamt berechnen sie einen potenziellen Verlust von etwa 7% für Wertschöpfung sowie Arbeitsproduktivität. Sie finden aber auch, dass es in Folge eines ansteigenden Robotereinsatzes zu einer Verdrängung von Arbeitsstunden von geringqualifizierten und, in geringerem Maße, auch von durchschnittlich qualifizierten Beschäftigten kommt. Dasselbe Muster finden sie auch im Hinblick auf das Arbeitseinkommen der Erwerbstätigen verschiedener Qualifikationsgruppen.

Autor, Dorn und Hanson (2015) finden durch die Computerisierung einen ähnlich polarisierenden Effekt auf dem Arbeitsmarkt. Sie beleuchten diesen im Detail, strukturieren verschiedene Tätigkeiten nach deren Routineintensität und unterteilen dabei Tätigkeiten in drei Kategorien: abstrakte, manuelle und routinisierte Aufgaben. Routinisierte Tätigkeiten sind beispielsweise repetitive Kontrollaufgaben, aber auch Tätigkeiten in der Buchhaltung. Manuelle Aufgaben setzen in der Regel physische Flexibilität und Anpassungsfähigkeit voraus. Management- und Planungsaufgaben hin-

¹ Hochrechnung der Bruttowertschöpfung sowie der jährlichen Steigerungsrate beziehen sich auf die Wirtschaftsbereiche chemische Industrie, Kraftwagen- und Kraftwagenteile, Maschinen- und Anlagenbau, elektrische Ausrüstung, Land- und Forstwirtschaft, Informations- und Kommunikationstechnik.

gegen sind Beispiele für abstrakte Tätigkeiten. Die Autoren zeigen mit amerikanischen Daten, dass durch die Computertisierung sowohl im produzierenden als auch im nicht-produzierenden Gewerbe Routineaufgaben verdrängt werden. Gleichzeitig nimmt die Beschäftigung in abstrakten und manuellen Tätigkeitsfeldern zu.

Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass digitalen Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt eine besondere Rolle beikommen wird. Eine empirische Analyse von Falck, Heimisch und Wiederhold (2015) zeigt etwa, dass bessere Informations- und Kommunikationsfähigkeiten mit höheren Löhnen einhergehen. Neelie Kroes, Vizepräsidentin der Europäischen Kommission, bezeichnet digitale Kompetenzen gar als »the new literacy« und somit auch als unerlässlich auf dem Arbeitsmarkt (vgl. Get online week 2014). Eine vollständig vernetzte und digitale Produktionslandschaft verlangt von Beschäftigten einen sicheren und selbstverständlichen Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien. An dieser Stelle sollte eine Bildungspolitik ansetzen, die digitalen Fähigkeiten eine weit größere Bedeutung als bislang bemisst, und zwar sowohl in Schulen als auch im Bereich der Erwachsenenbildung.

Die mit den strukturellen Änderungen einhergehenden Beschäftigungswirkungen stellen zudem hohe Flexibilisierungserfordernisse an den Arbeitsmarkt, um alle Gesellschaftsgruppen am technischen Fortschritt teilhaben zu lassen. Die Bundesregierung hat diesbezüglich Handlungsbedarf erkannt und beginnt, sich unter dem Stichwort »Arbeiten 4.0 – Arbeit weiter denken« auf die kommenden Herausforderungen einzustellen: »Es reicht zukünftig nicht, an den Rändern des Arbeitsmarktes auf unerwünschte Entwicklungen zu reagieren, auch wenn dies weiter notwendig sein wird. Der Gestaltungsbedarf von Arbeiten 4.0 geht darüber hinaus.« (vgl. BMAS 2015, S. 36).

Insgesamt zeigt sich, dass mit der fortschreitenden Digitalisierung weitreichende Änderungen der Marktstrukturen zu erwarten sind. Für eine erfolgreiche Gestaltung dieses Wandels müssen entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden. Bislang standen dabei technische Diskussionen um Standardisierung, Datenschutz und -sicherheit im Vordergrund. Zudem ist auch der universelle Ausbau von Breitband auf eine Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 100 Mbit/s in den Fokus der Diskussion um Industrie 4.0 gerückt. Höhere Geschwindigkeiten und eine hohe Dienstgüte (»Quality of Service«) werden von Experten als notwendig erachtet, um dem vermeintlich großen Datenvolumen der Industrie 4.0 Herr zu werden (Expertenkommission »Stärkung von Investitionen in Deutschland« 2015). Die Frage, welche Anwendungen derart hohe Bandbreiten und eine jederzeit gesicherte Qualität der Netzverbindung benötigen, bleibt in der Debatte allerdings unbeantwortet. Gegeben der beschriebenen strukturellen Veränderungen sollten

auch die Flexibilisierungs- und Qualifizierungserfordernisse auf dem sich verändernden Arbeitsmarkt in den Fokus der ökonomischen Debatte um Industrie 4.0 rücken.

Literatur

Autor, D.H., D. Dorn und G.H. Hanson (2015), »Untangling Trade and Technology: Evidence from Local Labour Markets«, *Economic Journal*, im Erscheinen.

BITKOM und Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (2014), »Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland«, verfügbar unter: https://www.bitkom.org/files/documents/Studie_Industrie_4.0.pdf.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS, 2015), »Grünbuch Arbeiten 4.0 – Arbeit weiter denken«, verfügbar unter: <http://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/gruenbuch-arbeiten-vier-null.html>.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, 2014), »Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland«, verfügbar unter: http://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf.

Bundesregierung (2013), »Deutschlands Zukunft gestalten«, Koalitionsvertrag der 18. Legislaturperiode, verfügbar unter: http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=F2D67B0C95C3509336121A04D558F771.s1t2?__blob=publicationFile&v=2.

Expertenkommission »Stärkung von Investitionen in Deutschland« (2015), »Bericht der Expertenkommission im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft und Energie, Sigmar Gabriel«, verfügbar unter: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/investitionskongress-report-gesamtbericht-deutsch-h-barrierefrei,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>.

Falck, O., A. Heimisch und S. Wiederhold (2015), »Returns to ICT Skills«, mimeo.

Frankfurter Allgemeine Zeitung (2014), »Gläserne Produktion auf dem Stuttgarter Flugfeld«, 27. Oktober, 20.

Fraunhofer-Institut für Produktion und Automatisierung und Dr. Wieselhuber und Partner GmbH (2015), »Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0 – Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau«, verfügbar unter: http://www.wieselhuber.de/lib/public/modules/attachments/files/Geschäftsmodell_Industrie40-Studie_Wieselhuber.pdf.

Get online week (2014), »Vice-President Neelie Kroes Says Digital Literacy and E-Skills Are the New Literacy«, verfügbar unter: <http://www.getonlineweek.eu/vice-president-neelie-kroes-says-digital-literacy-and-e-skills-are-the-new-literacy/>, 0:25-0:30 min, aufgerufen am 18. Mai 2015.

Graetz, G. und G. Michaels (2015), »Robots at Work«, IZA Discussion Paper No. 8938.

Plattform Industrie 4.0 (2013), »Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0«, verfügbar unter: http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Abschlussbericht_Industrie4%200_barrierefrei.pdf.