

Krzywdzinski, Martin

Book Part — Published Version

Digitalisierung und Wandel der globalen Arbeitsteilung. Industriearbeit im Wandel

Provided in Cooperation with:

WZB Berlin Social Science Center

Suggested Citation: Krzywdzinski, Martin (2019) : Digitalisierung und Wandel der globalen Arbeitsteilung. Industriearbeit im Wandel, In: Kohlrausch, Bettina Schildmann, Christina Voss, Dorothea (Ed.): Neue Arbeit - neue Ungleichheiten? Folgen der Digitalisierung, ISBN 978-3-7799-4941-1, Beltz Juventa, Weinheim, pp. 88-109

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/229904>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Digitalisierung und Wandel der globalen Arbeitsteilung

Industriearbeit im Wandel

Martin Krzywdzinski

1. Einleitung

In der gegenwärtigen Debatte werden unterschiedliche Erwartungen im Hinblick auf die Auswirkungen der Digitalisierung auf die globale Arbeitsteilung formuliert. Erstens gibt es Szenarien, die Digitalisierung vor allem als einen neuen Anlauf der Automatisierung verstehen (vgl. Boston Consulting Group 2016; Ford 2015), der sich in erheblichen Produktivitätsgewinnen ausdrücken wird. Daran knüpft sich die Hoffnung, dass Fertigungswerke in Hochlohnländern an Wettbewerbsfähigkeit gewinnen und bereits in Niedriglohnländer verlagerte Fertigung wieder an Hochlohnstandorte „zurückkommt“ (vgl. Ford 2015; BMWi 2016). Die Beschäftigungseffekte einer solchen Entwicklung sind allerdings nicht eindeutig: So könnte Automatisierung Beschäftigungsverluste bedeuten, die Rückverlagerung von Produktion aber auch Beschäftigungsgewinne implizieren.

Zweitens weisen Studien darauf hin, dass Digitalisierung auch Standardisierung und Objektivierung von Prozessen und Wissen bedeutet und daher die Globalisierung der Unternehmen und Wertschöpfungsketten verstärken kann (vgl. Ernst 2005). Dies wiederum könnte die Verlagerung von Produktion aus Deutschland in Niedriglohnländer sogar beschleunigen, Beschäftigung bedrohen bzw. Druck auf die Entwicklung von Löhnen ausüben.

Drittens werden in der Digitalisierung auch Gefahren der „Entbetrieblichung“ (vgl. Jürgens et al. 2017; Schröder 2016) gesehen. Demnach drohen neue Formen onlinebasierter Arbeit die Betriebe und die betrieblichen Beschäftigungsverhältnisse auszuhöhlen. Die Folgen wären die Erosion arbeitsrechtlicher Standards und eine abnehmende Reichweite von Tarifverträgen, gewerkschaftlicher Interessenvertretung und der Mitbestimmung. Es könnte zu einer Polarisierung zwischen einem schrumpfenden Kern traditioneller und abgesicherter Beschäftigung und einem wachsenden Rand prekärer Arbeit kommen, wie dies bereits auch im Kontext der Verbreitung von Leiharbeit und Werkverträgen diskutiert wird. Als ein wichtiges Phänomen in diesem Zusammenhang gilt Crowdwork, d.h. die Organisation von Arbeit auf der Basis von Plattformen, die sogenannte Crowds von Solo-Selbstständigen organisieren. Allerdings

sind auch hier entgegengesetzte Dynamiken denkbar. Gerade in der Phase verstärkter Produkt- und Prozessinnovation, wie wir sie gerade unter dem Stichwort der Digitalisierung erleben, könnte die Bedeutung von direkter, betrieblich organisierter Kommunikation und Kooperation steigen und den Tendenzen der Entbetrieblichung entgegenwirken.

Viertens werden in der Diskussion über Globalisierung Veränderungen der Industriegovernance thematisiert, die mit der zunehmenden Bedeutung von Daten als Grundlage von Geschäftsmodellen zusammenhängen. Es wird erwartet, dass die zukünftig erfolgreichen Geschäftsmodelle vor allem auf der Beherrschung von Daten und ihrer Analyse beruhen werden, während die (physischen) Prozesse der Produktentwicklung und vor allem der Produktion ihre Zentralität für den Unternehmenserfolg einbüßen (vgl. Bitkom 2017). Damit lösen sich auch zunehmend die traditionellen Branchengrenzen zwischen Industrie und Software oder auch Industrie und Dienstleistung auf. Es entbrennt ein Wettbewerb um die Position als *lead firms* und damit um die Governance der Wertschöpfungsketten. Aufgrund der Dominanz US-amerikanischer Unternehmen im Bereich datenbasierter Geschäftsmodelle besteht die Befürchtung, Deutschland könnte zu einer verlängerten Werkbank des Silicon Valley werden, d. h. zu einem Lieferanten von Hardware, während die amerikanischen IT-Unternehmen die Kontrolle über die Wertschöpfungsketten übernehmen (vgl. Keese 2014).

Vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Szenarien befasst sich der vorliegende Artikel damit, inwieweit der Arbeitsmarkt durch Prozesse der Digitalisierung und Automatisierung unter Druck gerät. Insbesondere stehen drei Fragen im Vordergrund, die anhand empirischen Materials aus der Automobilindustrie diskutiert werden:

1. Welche Dynamiken der Veränderung von Automatisierungskonzepten lassen sich beobachten und welche Auswirkungen auf den Wandel der Arbeitsteilung zwischen Hochlohn- und Niedriglohnstandorten können auf dieser Grundlage erwartet werden?
2. Wie verändern sich betrieblichen Standortkompetenzen, Beschäftigungsstrukturen und Qualifikationsanforderungen und inwieweit gibt es Gefahren von Entbetrieblichung?
3. Inwieweit verändern sich Industriegovernance und internationale Wertschöpfungsketten durch die Entwicklung hin zu datenbasierten Geschäftsmodellen?

Die Darstellung baut auf mehreren am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) durchgeführten Forschungsprojekten auf. Dies ist insbesondere das Projekt „Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie“ (Hans-Böckler-Stiftung); herangezogen werden aber auch erste Befunde aus

den Vorhaben „Arbeit und Leistung in der Crowd“ (Fritz Thyssen Stiftung) und „Wearable Computing in Fertigung und Logistik“ (Hans-Böckler-Stiftung). Der Fokus der Darstellung liegt auf der Automobilindustrie. Dabei wird neben allgemeinen statistischen Quellen insbesondere die im Rahmen des erstgenannten Projekts im Jahr 2016 durchgeführte Befragung von Betriebsräten in Automobilzulieferbetrieben genutzt. An der Befragung nahmen 142 Betriebsratsvorsitzende aus Betrieben in Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen als zentralen Automobilregionen in Deutschland teil (zu ausführlichen Informationen über die Befragung vgl. Krzywdzinski 2016).

Der Artikel beginnt mit der Analyse der Automatisierungsdynamiken und des damit verbundenen Wandels der globalen Arbeitsteilung (Abschnitt 2). Anschließend wird die Entwicklung der Standortkompetenzen und der Beschäftigungsstrukturen in Industriebetrieben diskutiert (Abschnitt 3). Abschnitt 4 geht darüber hinaus kurz auf die Diskussion über die Entwicklung hin zu datenbasierten Geschäftsmodellen und die potenziellen Auswirkungen auf die globale Arbeitsteilung ein. Übergreifende Schlussfolgerungen runden den Beitrag ab.

2. Automatisierung, Verlagerung und Rückverlagerung

Bietet ein verstärkter Technologieeinsatz in der Fertigung für Hochlohnländer wie Deutschland die Chance, Produktivität zu steigern und bereits in Niedriglohnländer verlagerte Fertigungskapazitäten wieder zurückzugewinnen? So lautet zumindest ein Versprechen der gegenwärtigen Diskussion über die Industrie 4.0. Die Industrie-4.0-Ansätze bedeuten zwar vor allem die Entwicklung cyber-physischer Systeme, also auf der Grundlage des Internets der Dinge vernetzter Systeme von Anlagen, Komponenten und auch Beschäftigten, denen die Eigenschaft der Selbstregulierung zugeschrieben wird (vgl. Spath et al. 2013; Forschungsunion/Acatech 2013). Zugleich wird Industrie 4.0 aber häufig auch als Automatisierung verstanden (Boston Consulting Group 2016). Das deutsche Wirtschaftsministerium sieht in der Industrie 4.0 die Chance einer Rückverlagerung von industriellen Arbeitsplätzen nach Deutschland (vgl. BMWI 2015). Auch das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (vgl. Fraunhofer ISI 2015, S. 10) proklamiert in seinen zehn Thesen zur Industrie 4.0 die Chance für eine Rückgewinnung industrieller Produktion, die aus Kostengründen in Niedriglohnländer verschoben wurde – auch wenn zugleich die Gefahr angesprochen wird, dass durch digitale Vernetzung FuE (Forschung und Entwicklung) und Produktion leichter verlagert werden können.

Als Beispiel für eine Rückverlagerung ehemals aus Deutschland in Niedriglohnländer abgewandelter Produktion wird häufig die Speed Factory von Adidas genannt. Adidas hatte schon vor langer Zeit die Produktion von Schuhen in Länder wie China verlagert. Die Speed Factory in Deutschland ist somit eine

bemerkenswerte Veränderung gegenüber der bisherigen Politik. Sie stellt hochautomatisiert unter Einsatz der 3D-Druck-Technologie personalisierte Schuhe her. Obwohl sie seit 2017 die Serienfertigung aufgenommen hat, wird dort allerdings nur ein Bruchteil der gesamten Schuhproduktion von Adidas hergestellt – 97% der Schuhe werden mit traditionellen Methoden in Asien produziert (vgl. Welt.de 2017). Zudem ist die Speed Factory ein prominenter Einzelfall. In empirischen Studien (vgl. etwa Krzywdzinski 2016 für die Automobilzulieferbranche) lassen sich keine Belege für einen allgemeinen Trend der Rückverlagerung finden.

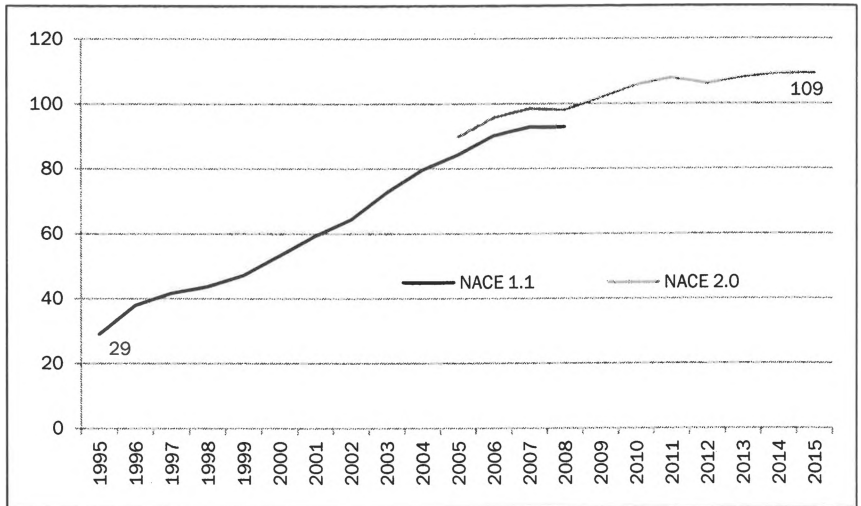
Zwei Argumente sprechen gegen eine zu große Hoffnung auf eine Umkehrung der bisherigen Trends der globalen Arbeitsteilung. Erstens ist auch an Hochlohnstandorten – abgesehen von wenigen Modellprojekten wie der Speed Factory – bislang kein großer Schub im Bereich Automatisierung festzustellen. Das liegt nicht zuletzt daran, dass die Industrie an diesen Standorten bereits durch einen sehr hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnet ist. Eine durchgehende Automatisierung und Digitalisierung ist in Prozessindustrien wie etwa der Chemiebranche schon lange der Fall. Aber auch in Stückgüterindustrien wie der Automobilzuliefererstudie berichten etwa 54% der Betriebe eine stark oder vorwiegend automatisierte Produktion; in 36% der Betriebe wird die Produktion als gemischt charakterisiert, d.h. sie besteht aus automatisierten und aus vorwiegend manuellen Bereichen; nur 10% der Betriebe weisen noch eine vorwiegend manuelle Produktion auf (vgl. Krzywdzinski 2016).

Ein Blick auf die laufenden Pilotprojekte, Experimente und die ersten systematisch umgesetzten Industrie-4.0-Lösungen offenbart dementsprechend, dass die Bedeutung des Themas Automatisierung von der öffentlichen Debatte überschätzt wird. In vielen Fällen geht es eher um neue Formen der Vernetzung sowie der Datengewinnung und -nutzung als um die Ersetzung menschlicher Arbeitskraft durch Computer oder Roboter (vgl. Butollo et al. 2018).

Die folgende Abbildung 1 macht deutlich, dass die Entwicklung der Automatisierung in der deutschen Automobilindustrie ein gradueller, sich über längere Zeiträume abspielender Prozess ist. Illustriert wird dies hier am Beispiel der Ausstattung mit Industrierobotern, wobei anzumerken ist, dass Roboter-nutzung nur ein Aspekt der Automatisierung ist. Gerade in den letzten Jahren hat sich das Wachstum der Roboternutzung eher verlangsamt – zumindest gegenüber den 1990er Jahren, in denen eine deutlich schnellere Zunahme der Automatisierung festzustellen war. Dies hängt damit zusammen, dass der Schwerpunkteinsatzbereich von Industrierobotern vor allem der Karosseriebau ist und hier bereits Automatisierungsgrade von über 90% vorherrschen.

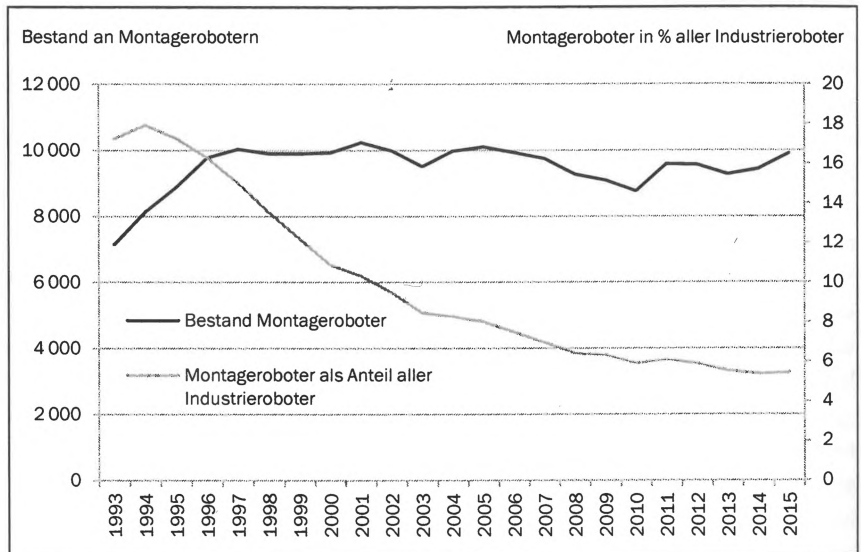
Bislang kaum automatisiert und von manueller Arbeit geprägt bleiben hingegen Montagebereiche in Industrierwerken. Eine wichtige Innovation im Kontext von Industrie 4.0 sind die sogenannten „kollaborativen“ Roboter (Cobots), die flexibel einsetzbar sind und deren Preis in den letzten Jahren massiv gesun-

Abbildung 1: Bestand an Industrierobotern pro Tausend Beschäftigte in der deutschen Automobilindustrie, 1995–2015



Quelle: Eurostat sbs_na_2a_dfdn und sbs_na_ind_r2; International Federation of Robotics, World Robotics 1.1.14. Aufgrund eines Wechsels in der Branchenstatistik werden die Zahlen nach NACE 1.1 und nach NACE 2.0 ausgewiesen.

Abbildung 2: Montageroboter in Deutschland, 1993–2015.



Quelle: International Federation of Robotics, World Robotics 1.1.14.

ken ist. Allerdings handelt es sich hierbei noch um ein Nischenphänomen. Eingesetzt werden die Cobots bislang entweder in einfachen Hilfsfunktionen (Sortieren von Teilen, Verpacken, Umladen) oder in eng eingegrenzten Bereichen, in denen sehr stabile Prozessbedingungen hergestellt werden können. In diesen Einsatzbereichen übernehmen die Cobots besonders repetitive oder ergonomisch für Menschen ungünstige Tätigkeiten und sind daher eher eine sinnvolle Verbesserung der Arbeitsbedingungen als eine systematische Bedrohung für Beschäftigung. In vielen anderen Montagebereichen können jedoch aufgrund der räumlichen Bedingungen, der Teile- und Variantenvielfalt sowie der Volatilität des Fertigungsprozesses keine stabilen Bedingungen für den Einsatz von Cobots gewährleistet werden. Wie Abbildung 2 zeigt, ist dementsprechend seit den 1990er Jahren keine Zunahme der Zahl von Montagerobotern in Deutschland festzustellen und der Anteil von Montagerobotern am Gesamtbestand der Industrieroboter sinkt.

Auch wenn Automatisierung also keine zentrale Rolle in Industrie-4.0-Konzepten spielt, könnte eingewendet werden, dass die Vernetzung und Datennutzung in der Fertigung Effizienzgewinne ermöglichen könnten, die die Wettbewerbsfähigkeit von Hochlohnstandorten steigern. Allerdings ist es wichtig, auf das sogenannte „Produktivitätsparadox“ der IT hinzuweisen (vgl. Brynjolfsson 1993). Seit langer Zeit wird in der Wirtschaftswissenschaft darüber diskutiert, dass die Einführung und Diffusion von IT entgegen allen Erwartungen keine Auswirkungen auf die Produktivitätsentwicklung zu haben scheinen – wie auch die jüngste Studie der MIT-Forscher um Daron Acemoglu und David Autor (2014) betont. Peter Brödner (2008) argumentiert, dass dieses Paradox an der Natur der IT liegt. Informationstechnologien befassen sich im Kern mit der Verarbeitung von Information und ihr Ziel ist die Unterstützung von Handlungsabläufen in Organisationen. IT trägt zur Produktivitätssteigerung nur bei, wenn es Organisationsstrukturen und -prozesse gibt, die dies ermöglichen – indem also die Menschen die digitalen Informationen durch Kommunikation und Interaktion in Wissen und Handeln übersetzen. Produktivitätssprünge werden nur dort möglich, wo IT mit organisationalen Innovationen verbunden wird.

Das zweite Argument gegen die Erwartung massiver Rückverlagerungen in Hochlohnländer ist das hohe Tempo der Globalisierung von Prozesstechnologien innerhalb multinationaler Konzerne. Zumindest wenn wir auf die gut etablierten Niedriglohnstandorte in Mitteleuropa schauen – dies gilt aber auch für viele Werke in China –, so haben sogenannte Leitwerke, an denen neue Technologien ausprobiert und zur Serienreife gebracht werden, oftmals einen technologischen Vorsprung von wenigen Jahren, bevor eine Technologie global eingesetzt wird (vgl. Krzywdzinski 2016). Zudem werden Leitwerktaufgaben auch immer mehr an Fabriken in Niedriglohnregionen vergeben. Im Fall der Automobilzulieferindustrie ist dies umso mehr der Fall, als die Kunden der Unternehmen – also die Automobilhersteller – erheblichen Einfluss auf Standort-

und Technologieentscheidungen nehmen und dabei sehr stark auf die Nutzung von Niedriglohnstandorten drängen. Nicht zuletzt durch die Vernetzung zwischen Automobilherstellern, Zulieferern und Logistikern ist es zudem auch denkbar, dass die Industrie-4.0-Technologien auch Just-in-time-Lieferung über größere Distanzen erleichtern und so Niedriglohnstandorte weiter stärken.

Verstärkt wird der technologische Aufholprozess in Niedriglohnländern durch Programme wie etwa „Made in China 2025“ (MiC2025) in China. Mit diesem Regierungsprogramm werden erhebliche öffentliche und private Investitionen in die Entwicklung der digitalen Ökonomie und insbesondere auch in die Digitalisierung der Industrie gelenkt. Lühje und Butollo (2017) argumentieren, dass MiC2025 ein umfassendes Projekt der Umwandlung der chinesischen Wirtschaft darstellt, mit dem Unternehmen in einer Vielzahl von Mid- und Hightech-Branchen in der Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle, dem Aufbau digitaler Infrastrukturen und der Entwicklung neuer Digitalisierungskonzepte für die Arbeitsprozesse unterstützt werden. Im Bereich der Industrie soll die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen vor dem Hintergrund steigender Löhne und zunehmender Arbeitskräfteknappheit gesteigert werden (vgl. Lühje/Butollo 2017, S. 49).

Eine weitere Verlagerung von Produktion an Niedriglohnstandorte könnte zudem durch eine technologische Entwicklung befördert werden, die ein Kernelement von Industrie 4.0 ist, aber zugleich nicht zum Themenbereich Automatisierung gehört: die zunehmende Nutzung von digitalen Assistenzsystemen im Bereich der Werkführung in Montage und Logistik, aber auch im Bereich höher qualifizierter Tätigkeiten wie der Instandhaltung. Als digitale Assistenzsysteme werden Programme zur Anleitung und Unterstützung von Arbeitsoperationen bezeichnet, die von den Beschäftigten auf Tablets, Monitoren, Datenbrillen (Wearables, also am Körper getragene Technologien) oder anderen Geräten genutzt werden können. Bisher liegt relativ wenig empirische Evidenz über Verbreitung und Einsatzarten von digitalen Assistenzsystemen vor. Vorhandene Studien betonen vor allem die Kontrollmöglichkeiten, die sich mit den neuen Technologien eröffnen. Berichte über den Einsatz von Datenbrillen bei Tesco und Amazon zeigen, dass Produktivitätsdaten, Bewegungsabläufe und Interaktionen der Beschäftigten erfasst und ausgewertet werden (vgl. Rawlinson 2013; Moore/Robinson 2015).

Noch liegen auch keine systematischen Befunde über die Auswirkungen der digitalen Assistenzsysteme auf Arbeitsorganisation und Qualifikationsanforderungen vor (vgl. Butollo et al. 2018). Erfahrungen aus dem Logistiksektor verdeutlichen aber die Gefahren der verstärkten Standardisierung der Tätigkeiten und der Senkung der Qualifikationsanforderungen. Sogenannte Pick-by-vision-Konzepte werden in der Logistik immer populärer und knüpfen an bereits erprobte Pick-by-voice- und Pick-by-light-Ansätze an. In den neueren Konzepten tragen die Logistikarbeiter Datenbrillen, die mit dem Auftragsmanagementsys-

tem verbunden sind. Das Auftragsmanagementsystem liefert die Informationen darüber, welche Produkte benötigt werden, wo sie sich im Lager befinden und in welcher Reihenfolge sie geholt werden müssen. Alle Angaben und Anweisungen werden Schritt für Schritt auf der Datenbrille angezeigt. Die in der Datenbrille eingebaute Kamera bzw. die am Körper getragenen RFID-Chips bestätigen, dass die richtigen Produkte aufgenommen wurden. Die digitale Kontrolle des Arbeitsprozesses ist sehr weitreichend. Bei einer Verbreitung solcher Technologien befürchten einige Autoren die „Amazonisierung der Industriearbeit“ (Butollo et al. 2017).

Auch in der Fertigung und vor allem in Montagebereichen laufen erste Projekte der Einführung von digitalen „Werkerführung“-Konzepten. Dies kann die Form fest installierter Bildschirme annehmen, auf denen Beschäftigte Informationen und Anweisungen im Arbeitsprozess erhalten. Es gibt aber auch ambitionierte Projekte, die Ansätze der Bewegungskontrolle erproben. Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi 2016) geförderte MotionEAP-Projekt zielt beispielsweise darauf ab, sensor- und kamerabasierte Kontrollsysteme zu entwickeln, die Fehler und Probleme im Arbeitsprozess sofort erkennen. Die Systeme sollen in der Lage sein, zu erkennen, wenn ein Arbeiter falsche Teile greift, die Aufgaben in falscher Reihenfolge erledigt oder auch eine unergonomische Haltung einnimmt. In solchen Fällen wird per Beamer eine Warnung am Arbeitsplatz eingeblendet. Die Ziele des Projekts gehen noch weit über Bewegungskontrolle hinaus: So soll die Mimik der Arbeiter analysiert werden, um Stresssituationen zu erkennen.

Sicherlich befinden sich die hier skizzierten Entwicklungen noch am Anfang. Sie bergen aber durchaus das Potenzial einer weiteren Standardisierung und auch Dequalifizierung von Montagearbeiten, die wiederum die Spielräume für Verlagerung und Offshoring erhöhen könnte. Fertigungs- und Montageprozesse, die auch aus Gründen des Qualifikationsbedarfs noch an Hochlohnstandorten gehalten werden, könnten so zumindest teilweise auch an Niedriglohnstandorten mit gering qualifizierten Belegschaften umsetzbar werden.

3. Entbetrieblichung? Beschäftigungs- und Qualifikationsentwicklung in Industriebetrieben

Im Kontext der Diskussion über den Wandel der Wertschöpfungsketten durch Digitalisierung wird häufig die These einer zunehmenden „Entbetrieblichung“ formuliert (vgl. Ittermann et al. 2015; Schröder 2016; Jürgens et al. 2017). Der Betrieb ist der Fokus der bisherigen Regulierung der Arbeit. Hier sind Beschäftigungsverhältnisse angesiedelt, hier werden die vom Betriebsverfassungsgesetz definierten Mitbestimmungsrechte ausgeübt. Seit Längerem gibt es nun eine Tendenz der Schrumpfung des betrieblichen Kerns und der Auslagerung von

Aufgaben und Arbeitsprozessen in Organisationsformen, die sich der betrieblichen Arbeitsregulierung entziehen: Etwa durch Outsourcing oder den Einsatz von Leiharbeit und Werkverträgen (vgl. Promberger 2012; Hertwig 2015). In der gegenwärtigen Debatte wird nun argumentiert, dass Digitalisierung diesen Prozess verschärft, Betriebe auflöst und die Arbeitsprozesse modular über den Globus verteilt (vgl. Brown et al. 2011, S. 76). Die Folgen für die arbeitsrechtlichen Standards wie auch für die sozialen Sicherungssysteme wären gravierend.

Nun ist diese Befürchtung nicht neu. Digitale Technologien haben ja bereits seit den 1990er Jahren die damals so genannte Telearbeit, die Zusammenarbeit in virtuellen Teams und insbesondere auch globales Outsourcing möglich gemacht. Die aktuellen Sorgen über eine Entbetrieblichung durch Digitalisierung beziehen sich vor allem auf das Phänomen der Crowdwork (vgl. Benner 2015). Als Crowdwork wird eine neue Form der Arbeit bezeichnet, bei der internetbasierte Plattformen eine große Anzahl von formal selbstständigen Crowdworkern organisieren, Aufgaben und Aufträge per Internet an sie verteilen und auch die Qualitäts- und Leistungskontrolle übernehmen (vgl. Gerber/Krzywdzinski 2019; Leimeister/Zogaj 2013). Durch Crowdwork entstehen zwar neue, arbeitnehmerähnliche Rollen, die durch die Begriffe Betrieb und Arbeitnehmer jedoch nicht mehr erfasst werden. Der Regulierungsbereich des Betriebs schrumpft, und es wird diskutiert, inwieweit rechtliche Rahmenbedingungen angepasst werden müssen – etwa, indem der Betriebsbegriff und damit auch die Schutz- und Mitbestimmungsrechte ausgedehnt werden oder neue Regulierungsmechanismen geschaffen werden, die sich auch auf netzwerkförmige Strukturen beziehen (vgl. Däubler 2015).

Nun muss allerdings die Größenordnung des Phänomens Crowdwork etwas relativiert werden. Obwohl die in Deutschland registrierten Plattformen Hunderttausende registrierte Crowdworker aufweisen, sind viele nur gelegentlich aktiv oder erzielen nur geringe Einnahmen, die als Ergänzung zu anderen Einkommensquellen dienen. Nach einer Studie von Leimeister et al. (2016) verdienen nur etwa 30 % der Crowdworker über 500 Euro monatlich. Fallstudien von Crowdworkplattformen von Gerber und Krzywdzinski (2019) deuten darauf hin, dass nur etwa 5–10 % der registrierten Crowdworker regelmäßig auf den Plattformen aktiv sind, d.h. Aufträge bearbeiten. Allerdings ist anzumerken, dass genaue Zahlen über die Größe des Phänomens Crowdwork fehlen.

Eine nähere empirische Betrachtung zeigt aber insbesondere, dass das Wachstum von Crowdwork in keinem klaren Zusammenhang mit Entbetrieblichung steht. Der Anwendungsbereich von Crowdwork ist trotz des quantitativen Wachstums dieser Arbeitsform stark beschränkt (vgl. Al-Ani et al. 2014). Zu den am häufigsten als Crowdwork organisierten Tätigkeitsbereichen gehören die Textproduktion für Internetseiten und die Datenkategorisierung (sogenannte Microtasks), aber auch Design und Programmierung (Makrotasks). Aus der Sicht der Industrieunternehmen handelt es sich zumeist um Unterstüt-

zungstätigkeiten für die Marketing-, Vertriebs- und Engineeringbereiche. Beispiele des Einsatzes von Crowdwork in der Automobilindustrie sind etwa die Kategorisierung von Bildern für die Entwicklung der Bilderkennungsalgorithmen im Bereich des autonomen Fahrens oder auch die Aktualisierung von Daten im Bereich des Marketing und des Vertriebs. Deutlich wird, dass damit weder die existierenden Angestellten- und Ingenieursbereiche in Betrieben ausgehöhlt noch gar die betriebliche Organisation der Fertigungsprozesse infrage gestellt wird, denn im Bereich der Fertigung findet man Crowdwork nicht. Crowdwork wird vielmals für Aufgaben genutzt, die früher gar nicht sinnvoll bearbeitet werden konnten – etwa die bereits genannte Kategorisierung von Millionen von Bildern.

Für die These der Entbetrieblichung gibt es also gerade im industriellen Bereich kaum Anhaltspunkte. Sicherlich ist das allgemeine, über Crowdwork hinausgehende Argument richtig, dass heutige Unternehmen in Netzwerken agieren und dass selbst die Produktion als ein Netzwerk von Akteuren organisiert ist, das Ausrüster, Zulieferer unterschiedlicher Ebenen, Dienstleister und die Endhersteller einschließt (vgl. Sydow et al. 2016). Sicher stimmt es auch, dass Unternehmen seit Längerem die sogenannten „Kernbelegschaften“ mit einem größeren „Rand“ von prekärer Beschäftigung kombinieren. Die bisherigen Erfahrungen und Entwicklungen legen jedoch nahe, dass dies keineswegs eine Infragestellung oder gar eine Auflösung des Betriebs bedeuten muss. Für eine anhaltend hohe Bedeutung betrieblicher Strukturen spricht, dass die Organisation der meisten Arbeitsprozesse immer noch erheblicher Kommunikation und Face-to-Face-Kooperation bedarf und dass Produktentwicklungs-, Planungs- und Fertigungsprozesse nicht unbegrenzt räumlich auseinandergerissen werden können.

Durch das rasante Innovationstempo im Kontext der Digitalisierung steigen sogar die Anforderungen an den Betrieb. Die Entwicklung und Implementierung von komplexen Industrie-4.0-Lösungen finden in einem Netzwerk von Akteuren statt, aber der Betrieb muss in der Lage sein, das dabei entstehende Wissen aufzunehmen und zu verarbeiten (vgl. Heidenreich et al. 2016; Boes 2003; Calabrese 1999). Lazonick (2005) hat in seiner Innovationstheorie betont, dass Innovationsprozesse bestimmte soziale Bedingungen voraussetzen, zu denen die Integration unterschiedlicher Akteure, die Vermeidung opportunistischen Verhaltens und die Förderung kollektiven Lernens gehören. Dies bedeutet im Fall der Fertigungsunternehmen eine intensive cross-funktionale Kooperation zwischen Produktentwicklung, Prozessengineering, Logistik und Fertigung. Implizites Erfahrungswissen, die Herstellung eines gemeinsamen Verständnisses und die Entwicklung von Routinen und Handlungsregeln für die Praxis bleiben zentrale Voraussetzungen für die Implementierung der neuen Technologien und müssen von den unterschiedlichen beteiligten Akteuren im Betrieb gemeinsam entwickelt werden (vgl. Pfeiffer 2016).

Es spricht also viel dafür, dass der Betrieb seine zentrale Rolle behält, zumindest für die meisten Arbeitsprozesse. Um zu verstehen, wie sich nun Betriebe im Prozess der Digitalisierung verändern, ist es sinnvoll, sich die historische Entwicklung genauer anzuschauen. Im Hinblick auf die deutsche Industrie zeigt sich in den letzten Jahrzehnten ein langsamer Spezialisierungsprozess, in dem die Betriebe zunehmend Leitwerkrollen für die Einführung neuer Produkte und Produktionstechnologien übernehmen. Diese Entwicklung wurde von der beschleunigten Globalisierung der deutschen Industrieunternehmen seit Anfang der 1990er Jahre angetrieben. Der Aufbau globaler Produktionsnetzwerke machte es erforderlich, Werke mit besonderen Leit- und Unterstützungsaufgaben für den Gesamtverbund zu entwickeln. Deutsche Werke konnten hierbei auf ihre langen Erfahrungen zurückgreifen, wurden aber auch durch die Konkurrenz der neuen Standorte in Niedriglohnländern zu einer Weiterentwicklung gezwungen. Die Niedriglohnwerke haben in den letzten zwanzig Jahren einen Upgradingprozess durchlaufen, in dem ihre Technologien, Produkte und Organisationsstrukturen modernisiert wurden (vgl. Jürgens/Krzywdzinski 2010). Ihre Produktivität und Qualität nähern sich den etablierten Werken in Hochlohnländern an (vgl. Herrigel et al. 2017), wodurch die letzteren immer stärker unter Verlagerungsdruck geraten. Eine langfristige Standort- und Beschäftigungssicherung an Hochlohnstandorten ist nur möglich, wenn diese Innovationsfunktionen und Leitwerkrollen übernehmen und so ihre besonderen Erfahrungen und Wissensbestände mobilisieren (Schwarz-Kocher et al. 2019).

Ein Kernbestandteil dieser Spezialisierung ist die Übernahme von Leitrollen bei der Einführung neuer Produkte und Produktionstechnologien. In der Forschung über Produktentwicklungsprozesse ist herausgearbeitet worden, dass die Kooperation zwischen der Produktentwicklung und der Fertigung (sowie weiteren Unternehmensbereichen wie Planung, Beschaffung etc.) auf dem gesamten Weg von den Anfängen der Entwicklung des Produkts bis hin zur Serienfertigung von zentraler Bedeutung ist, um sicherzustellen, dass die Produkte auch unter sinnvollen Kosten produziert werden können (vgl. Clark/Fujimoto 1991; Jürgens 2000). Der Bedarf an cross-funktionaler Kooperation bleibt zudem auch während der Produktanlaufphase bestehen. Hier werden eventuelle Probleme bei der Produktspezifikation und der sogenannten „manufacturability“ eines Produkts aufgedeckt. Es zeigen sich auch potenzielle Probleme bei dem Design der Produktionsprozesse und bei der Funktionsweise der Produktionstechnologien. Für die Beherrschung des Produktionsanlaufs und die Kooperation mit der Produktentwicklung und mit weiteren Funktionsbereichen wird eine sehr erfahrene und hochqualifizierte Belegschaft benötigt, über die nicht alle Werke verfügen (vgl. Fjällström et al. 2009; Jürgens 2000).

Die Stärke der deutschen Werke im Hinblick auf die Übernahme solcher Leitwerkrollen lässt sich am Beispiel der in der Einleitung vorgestellten Befragung von Betriebsräten in der Automobilzulieferindustrie illustrieren. Mittel-

osteuropa ist dabei ein interessanter Referenzpunkt für die Analyse der deutschen Standorte, weil die dortigen Werke einen bemerkenswerten Upgradingprozess durchlaufen haben und in der Standortkonkurrenz zu den stärksten Wettbewerbern deutscher Werke zählen (vgl. Jürgens/Krzywdzinski 2010). Wie Tabelle 1 zeigt, sind etwa 40–50 % der deutschen Werke dauerhaft für die Einführung neuer Produkte und Produktionstechnologien verantwortlich, während dies in Mitteleuropa auf 20–30 % zutrifft. Auch im Hinblick auf die Übernahme von Unterstützungsaufgaben für andere Werke bei Produktanläufen spielen deutsche Werke innerhalb der globalen Produktionsnetzwerke weiterhin eine zentrale Rolle.

Tabelle 1: Standortkompetenzen deutscher und mitteleuropäischer Fertigungswerke von Automobilzulieferunternehmen (Angaben jeweils in % der befragten Betriebe)

	Land	Immer/meist	Manchmal/teilweise	Nie/selten
Die Produkte der neuesten Generation laufen zuerst in unserem Betrieb an.	DE	48,4 %	37,1 %	14,5 %
	MOE	27,2 %	53,3 %	19,6 %
Neue Produktionstechnologien werden zuerst in unserem Betrieb ausprobiert.	DE	43,9 %	39,0 %	17,1 %
	MOE	20,8 %	52,1 %	27,1 %
Unser Betrieb ist für die Unterstützung anderer Standorte beim Produktanlauf verantwortlich.	DE	58,1 %	27,4 %	14,5 %
	MOE	30,9 %	40,2 %	28,9 %

Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Krzywdzinski et al. 2016. Befragt wurden betriebliche Arbeitnehmervertreter in 142 deutschen und 125 mitteleuropäischen Automobilzulieferbetrieben.

Wir können erwarten, dass sich diese Spezialisierung der deutschen Werke auf Leitwerkrollen in Zukunft weiter verstärken wird – erstens aufgrund des anhaltenden Standortwettbewerbs mit Niedriglohnländern und zweitens auch aufgrund der Erprobung von Industrie-4.0-Konzepten. Der erste Grund hängt damit zusammen, dass reine Fertigungswerke ohne Innovations- und Leitwerkfunktionen im Wettbewerb mit Niedriglohnstandorten mit Verlagerungen und Beschäftigungsabbau konfrontiert sind. Für Werke hingegen, die eine Leitrolle für die Einführung neuer Produkte und Technologien spielen, könnten die Industrie-4.0-Konzepte die Chance bedeuten, den Vorsprung auf Niedriglohnstandorte auszubauen, was wiederum zur Beschäftigungssicherung beiträgt. Zu erwarten ist also, dass die Entwicklung der deutschen Fertigungswerke im Kontext der Digitalisierung weniger von Prozessen der Aushöhlung und Erosion als eher von dem Druck zur Stärkung der betrieblichen Innovationsfähigkeit und zur Übernahme von Leitrollen für die Implementierung neuer Produkte und Produktionstechnologien geprägt sein wird.

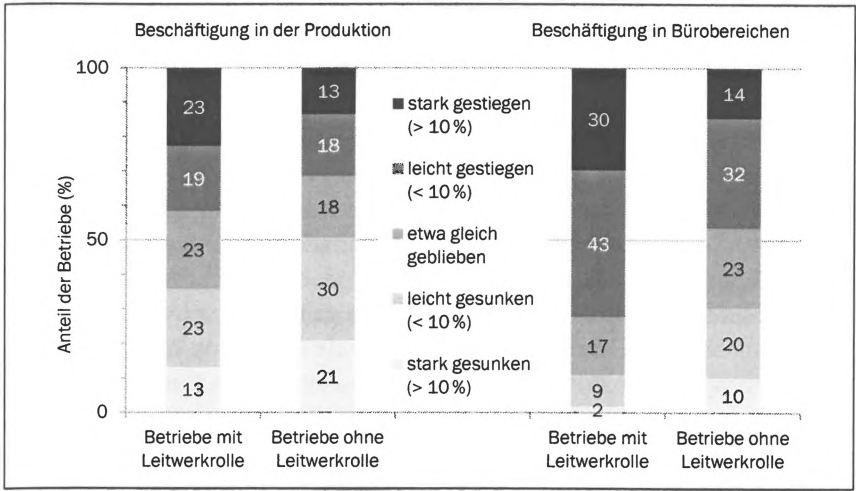
Diese Entwicklung wird Folgen für die Beschäftigung haben, allerdings nicht im Sinne eines weitgehenden Beschäftigungsabbaus in der Industrie, wie er etwa von der OECD (2017) oder von bekannten Studien wie jener von Frey und Osborne (2013) prognostiziert wird – gerade die letzteren Autoren haben mit ihrer Prognose der mittelfristigen Automatisierung von 47% der US-amerikanischen Arbeitsplätze großes Medienecho gehabt.

Aufgrund der bisherigen Entwicklung ist eher eine steigende Bedeutung von Facharbeit zu erwarten. Schauen wir auf die Belegschaftsstrukturen in Fertigungswerken wiederum am Beispiel der bereits eingeführten Befragung von Betriebsräten der Automobilzulieferindustrie in Deutschland. In Betrieben mit einer Leitrolle bei der Einführung neuer Produkte und Produktionstechnologien ist die Produktionsbeschäftigung in den letzten Jahren stabil, während die Beschäftigung in den Bürobereichen steigt (Abbildung 3). Das bedeutet also durchaus eine Verschiebung der Beschäftigungsstruktur, aber noch keinen Verlust der Fertigungsbeschäftigung in absoluten Zahlen. In Betrieben ohne eine Leitwerkrolle ist allerdings im Durchschnitt (Median) die Beschäftigung in der Produktion leicht gesunken, während die Beschäftigung in Angestelltenbereichen stabil geblieben ist. Dies ist Ausdruck des stärkeren Wettbewerbs-, Verlagerungs- und Rationalisierungsdrucks, dem reine Fertigungswerke ohne zusätzliche Innovations- und Leitwerkaufgaben ausgesetzt sind.

Die bisherige Entwicklung der deutschen Industriebetriebe lässt sich also als eine kontinuierliche Spezialisierung auf Aufgaben mit Innovationsbezug und auf Leitrollen bei der Einführung neuer Produkte und Technologien interpretieren. Die Beschäftigung in Werken mit Leitrollen steigt, während sie in Werken ohne solche Rollen fällt oder stagniert. Diese Entwicklung bringt auch eine Verschiebung der Qualifikationsstrukturen in der deutschen Industrie mit sich, und zwar im Sinne steigender Anteile hochqualifizierter Belegschaften (Abbildung 4). Wie Abbildung 4 zeigt, haben Betriebe mit einer Leitwerkrolle hochqualifizierte Belegschaften in der Produktion. In einem durchschnittlichen (Median) Betrieb mit einer Leitwerkrolle weisen 60–79% der Produktionsarbeiter eine abgeschlossene Berufsausbildung auf, in einem durchschnittlichen Betrieb ohne Leitwerkrolle sind es 40–59%. Die Anteile von Arbeitsplätzen, auf denen wirklich eine Berufsausbildung vorausgesetzt wird, sind etwas niedriger, aber auch hier zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen beiden Typen von Betrieben. In einem durchschnittlichen Betrieb mit Leitwerkrolle wird auf 40–59% der Produktionsarbeitsplätze eine Berufsausbildung vorausgesetzt, in einem durchschnittlichen Betrieb ohne Leitwerkrolle ist dies auf 20–39% der Arbeitsplätze der Fall.

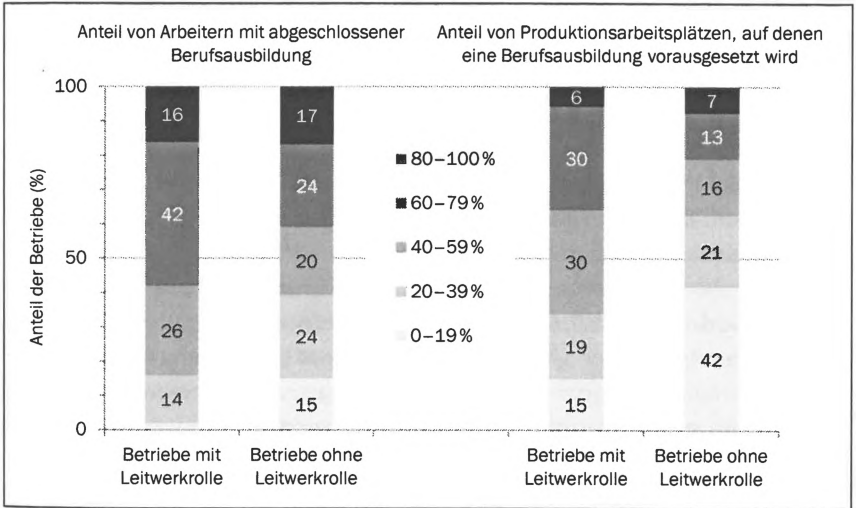
Die Tatsache, dass der Anteil von Arbeitern mit Berufsausbildung höher ist als der Anteil von Arbeitsplätzen, auf denen eine Berufsausbildung vorausgesetzt wird, deutet übrigens auf einen interessanten Punkt hin, nämlich auf überschüssige Qualifikationsbestände, die in deutschen Fertigungsbetrieben vorhan-

Abbildung 3: Beschäftigungsentwicklung in deutschen Automobilzulieferbetrieben mit und ohne Leitwerkrolle (2011–2016).



Quelle: Krzywdzinski et al. 2016. Mann-Whitney-Test 0.0923 (Beschäftigung Produktion) und 0.0015 (Beschäftigung Bürobereiche).

Abbildung 4: Belegschaftsstrukturen in der Produktion in deutschen Automobilzulieferbetrieben mit und ohne Leitwerkrolle (2016).



Quelle: Krzywdzinski et al. 2016. Mann-Whitney-Test 0.0316 (Anteile Arbeiter mit Berufsausbildung) und 0.0023 (Anteile Arbeitsplätze).

den sind – auch wenn wir keine genauen Informationen über die Art der Ausbildungsabschlüsse haben. In vielen Industriebetrieben gibt es allerdings das Phänomen, dass auch Mitarbeiter/innen mit einer Fachausbildung auf Produktionsarbeitsplätzen arbeiten, die keine Fachausbildung voraussetzen. Ihre Qualifikationen werden nicht systematisch ausgeschöpft und tragen dann eher unbemerkt zu der Problemlösungsfähigkeit der Produktionsbelegschaften bei. In diesen überschüssigen Qualifikationen liegt gerade im Hinblick auf die Implementierung neuer Produktionstechnologien ein Vorteil der deutschen Werke gegenüber Niedriglohnregionen, in denen die Rekrutierung qualifizierter Arbeitskräfte für die Produktion immer schwieriger wird (Krzywdzinski 2017; Jürgens/Krzywdzinski 2015).

Insgesamt bedeutet dies also einen langfristigen Trend zur wachsenden Bedeutung beruflich-fachlicher Qualifikationen, ein Upskilling der industriellen Beschäftigung. Anzumerken ist dabei, dass es aber natürlich noch eine große Zahl von reinen Fertigungswerken ohne ausgeprägte Innovationsfunktionen in Deutschland gibt. Diese Werke stehen allerdings oftmals im direkten Wettbewerb mit Niedriglohnwerken. Wo es nicht gelingt, diesem Wettbewerb durch die Übernahme spezifischer Leit- und Innovationsfunktionen zumindest teilweise zu entkommen, ist der Druck auf Senkung der Löhne, Erhöhung der Arbeitszeiten, Intensivierung der Arbeit und Flexibilisierung sehr hoch und könnte zu einer Polarisierung von Entgelt- und Beschäftigungsbedingungen gegenüber den erfolgreichen Werken beitragen.

4. Datenbasierte Geschäftsmodelle und Wandel der Industriegovernance

Eine Implikation der bisherigen Analyse ist, dass die Prozessinnovationen im Kontext von Industrie 4.0 einen eher graduellen Charakter haben. Es gibt durchaus einen tiefgreifenden Wandel, aber dieser Wandel ist langsamer, als in der öffentlichen Diskussion suggeriert wird, und er repräsentiert auch eher eine Fortsetzung denn einen Bruch mit bisherigen Entwicklungen. Deutlich radikalere Veränderungen der globalen industriellen Arbeitsteilung könnten allerdings kurz- und mittelfristig Produktinnovationen und insbesondere die Entwicklung hin zu datenbasierten Geschäftsmodellen initiieren.

Solche Geschäftsmodelle beruhen auf der Kontrolle und Auswertung von Daten, die zu einem neuen Produkt gebündelt werden. An Beispielen für die Bedeutungszunahme datenbasierter Geschäftsmodelle mangelt es nicht. So zeigt das amerikanische Unternehmen Uber, dass es möglich ist, allein auf der Basis von Daten Mobilitätsdienstleistungen anzubieten, ohne selbst eine Fahrzeugflotte zu besitzen oder auch Fahrer einzustellen (vgl. De Stefano 2016). Ein Beispiel aus dem Bereich Maschinen- und Anlagenbau sind Windkraftanlagen (Wiesel-

huber/Fraunhofer IPA 2015, S. 28). So könnte das profitablere Geschäftsmodell der Zukunft nicht im Verkauf von Windkraftanlagen, sondern im Verkauf einer bestimmten Anlagenleistung bestehen. Ein Unternehmen, das sich auf die Steuerung und Optimierung von Windkraftanlagen spezialisiert – also die Vernetzung der Anlagen und die Analyse von Anlagendaten beherrscht –, könnte als Produkt eine solche Anlagenleistung verkaufen. Die klassischen Windanlagenbauer würden zu reinen Hardwarezulieferern dieses neuen Unternehmens werden und die Schnittstelle zu Endkunden verlieren. Durch die Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle werden also klassische Branchengrenzen zwischen Maschinenbau bzw. Fertigungsunternehmen im Allgemeinen und dem IT- und Softwarebereich verschoben. Der Bundesverband der deutschen Industrie betont, dass durch diesen Wandel auch industriefremde Anbieter mit Kompetenz aus dem Softwarebereich eine neue Bedeutung bekommen könnten:

„Im Bereich des heute schon Möglichen liegt es auch, dass Datenaggregatoren neue Erkenntnisse zur Materialabnutzung oder zu Wartungsintervallen gewinnen und diese monetarisieren. Den Wettbewerb gewinnt häufig nicht das überzeugendere Konzept, sondern wer am schnellsten eine angeschlossene Basis aufbaut.“ (Roland Berger/BDI 2015, S. 19)

Eine Reihe von Autoren argumentiert, dass der Bedeutungsgewinn datenbasierter Geschäftsmodelle Ausdruck einer strukturellen Verschiebung hin zu einer Plattformökonomie ist (vgl. McAfee/Brynjolfsson 2017; Kenney/Zysman 2016; Kushida et al. 2015; Gawer/Cusumano 2013) und dass traditionelle Industrieunternehmen schlecht für diese Verschiebung gerüstet sind. Dementsprechend könnten sie schon bald auf ihren Produktmärkten durch Wettbewerber aus dem Softwarebereich herausgefordert werden und die Kundenschnittstelle verlieren (Roland Berger/BDI 2015; Wieselhuber/Fraunhofer IPA 2015).

Ein genauer Blick auf die Entwicklungen zeigt allerdings, dass der Wettbewerb um die Kontrolle der industriellen Wertschöpfungsketten durchaus offen ist. In vielen Bereichen gehören gerade gestandene Industrieunternehmen zu den Innovationstreibern, auch wenn sie dafür auf Organisationsformen aus der Softwarebranche zurückgreifen und etwa neuen Geschäftsbereiche ausgliedern und ihnen so die nötige Beweglichkeit und Unabhängigkeit vom Mutterunternehmen verschaffen. So haben etwa im Bereich von Industrie-4.0-Softwareplattformen traditionelle Industrieunternehmen eine starke Position auf dem Markt: Siemens, Bosch Software Innovations (SI), Freudenberg IT oder Trumpf (Axiom-Plattform). Diese Unternehmen bieten Lösungen an, die Vernetzung von Anlagen, Leistungsmanagement und Analyse von Fertigungsdaten (Konfiguration von Anlagen, Kontrolle von Maschinenlaufzeiten und Stillständen, Auswertung von Produktionsdaten und virtuelles Echtzeitabbild der Produktion, Predictive Maintenance etc.), Fernwartung und Fernservice ermöglichen.

Offenbar ist es Industrieunternehmen durchaus möglich, wettbewerbsfähig in den Markt für Industrie-4.0-Softwarelösungen vorzustoßen, da sie das kumulierte Wissen und die langfristigen Beziehungen im Netzwerk von Produktionsausrüstern, Fertigern und Dienstleistern nutzbar machen können. Grundlegende Verschiebungen im Hinblick auf die *lead firms* der Industrie und die Kontrolle der Wertschöpfungsketten sind bislang nicht zu beobachten.

5. Schlussfolgerungen

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt sind noch offen, weil dieser Prozess von unterschiedlichen, teilweise widersprüchlichen Kräften und Trends geprägt wird und weil wir noch in einer Phase des Experimentierens und der Konkurrenz unterschiedlicher Gestaltungslösungen sind. Auch im Hinblick auf die Erforschung der gegenwärtigen Digitalisierungsphase stehen wir noch am Anfang. Dennoch lassen sich Entwicklungstrends identifizieren, die einigen in der wissenschaftlichen wie auch öffentlichen Diskussion verbreiteten Argumenten widersprechen.

Erstens ist hervorzuheben, dass die Wahrnehmung der Industrie 4.0 – bzw. allgemeiner der Digitalisierung – als eines neuen Automatisierungsanlaufs sich zumindest anhand der bisherigen Entwicklungstrends in der Industrie nicht bestätigen lässt. Im Zentrum stehen die Entwicklung der cyber-physischen Systeme, die Vernetzung der Produktion und eine „smartere“ Fertigungsorganisation durch Big-Data-Analysen und andere Verfahren der Datenauswertung. Inwieweit diese zu einem späteren Zeitpunkt in Automatisierung münden werden, ist noch offen. Die Hoffnungen, dass Industrie-4.0-Konzepte durch Automatisierung die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit von Hochlohnstandorten erhöhen und zu einer „Rückkehr“ der früher verlagerten Produktionsumfänge führen, sind dementsprechend noch spekulativ. Solche Rückverlagerungen sind bislang Einzelfälle. Gegen eine umfassende Rückverlagerung spricht einerseits die Beobachtung einer sehr schnellen globalen Diffusion von Prozesstechnologien. Andererseits lassen sich auch an Niedriglohnstandorten gesteigerte Bemühungen um technologisches Upgrading und Automatisierung feststellen – Chinas MiC2025-Programm ist das prominenteste Beispiel.

Basierend auf dieser Entwicklung erscheinen Prognosen kurz- und mittelfristiger dramatischer Beschäftigungsverluste durch Automatisierung unplausibel, auch wenn sie in der Öffentlichkeit immer wieder vehement vorgetragen werden. Unplausibel erscheinen aber auch Hoffnungen auf Rückverlagerungen von Produktion aus Niedriglohnländern.

Die empirische Analyse legt auch Vorsicht gegenüber Szenarien einer kurz- und mittelfristigen Aushöhlung der Betriebe und der Industriebeschäftigung an Hochlohnstandorten nahe. Im Gegenteil: Die auch im Kontext der Digitalisie-

Die steigende Bedeutung netzwerkförmiger und projektförmiger Organisation erhöht die Anforderungen an die Betriebe, denn auch Netzwerke und Projekte brauchen Knotenpunkte, an denen Kommunikation und Kooperation gebündelt werden. Im Verlauf der letzten Jahrzehnte haben sich viele deutsche Fertigungsbetriebe in der globalen Standortkonkurrenz auf Leitrollen bei der Einführung neuer Produkte und neuer Produktionstechnologien spezialisiert. Sicherlich ermöglichen die heutigen digitalen Technologien ein weiteres Outsourcing von Aufgaben (etwa an Crowdworkplattformen) und eine Zunahme projektförmiger Organisationsformen, in denen Beschäftigte in unterschiedlichen Ländern, Unternehmen und Standorten zusammenarbeiten. Es ist aber wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass sich solche Prozesse der Auslagerung von Aufgaben und Prozessen seit Langem vollziehen und dennoch nicht zu einem Verschwinden betrieblicher Organisation geführt haben. Im Kontext der gegenwärtigen Innovationsphase, die ja mit beschleunigter Veränderung von Produkten und Prozessen einhergeht, kann an Hochlohnfertigungsstandorten eher eine weitere Verstärkung der Spezialisierung auf innovationsbezogene Leitrollen erwartet werden.

Im Hinblick auf Belegschaftsstrukturen bedeutet eine solche Spezialisierung eine Tendenz zum Upskilling, d. h. zu einer Zunahme des Anteils hochqualifizierter Beschäftigter, sowohl im Angestellten- als auch im Arbeiterbereich (hier dann vor allem in Form einer abgeschlossenen Berufsausbildung bzw. zunehmend eines dualen Studiums). Diese Tendenz widerspricht Szenarien der Polarisierung, in denen ein Schrumpfen von Berufsgruppen mit mittleren Qualifikationsniveaus vorausgesagt wird, während auf der einen Seite hochqualifizierte Wissensarbeit und auf der anderen Seite nicht-automatisierbare manuelle Einfacharbeit stabil bleiben bzw. wachsen. Tendenzen der Polarisierung von Entgeltstrukturen können allerdings dann entstehen, wenn jene Fertigungswerke in Deutschland, die keine Leitwerkfunktionen haben und keine besonderen innovationsbezogenen Aufgaben übernehmen, auf Low-road-Strategien zurückgreifen und über Standortsicherungsverträge von Tarifstandards abweichen bzw. ganz aus dem Tarifsystem aussteigen (vgl. Haipeter 2010).

Sehr schwer prognostizierbar sind hingegen derzeit die potenziellen Auswirkungen der zunehmenden Bedeutung von datenbasierten Geschäftsmodellen und Plattformstrategien auf die Industriegovernance und die Kontrolle der Wertschöpfungsketten. Es öffnen sich Spielräume für den Markteintritt von neuen Wettbewerbern aus dem IT-, Software- und Internetsektor. Allerdings erweisen sich zumindest einige der traditionellen Industrieunternehmen durchaus als sehr innovativ im Hinblick auf die Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle, etwa im Bereich neuer Softwareplattformen für die Industrie 4.0. Der Ausgang des Wettbewerbs ist noch offen.

Literatur

- Acemoglu, Daron/Autor, David/Dorn, David/Hanson, Gordon/Price, Brendan (2014): Return to the Solow Paradox? IT, Productivity, and Employment in US Manufacturing. In: *The American Economic Review* 104, H. 5, S. 394–399.
- Al-Ani, Ayad/Stumpp, Stefan/Schildhauer, Thomas (2014): Crowd-Studie 2014 – Die Crowd als Partner der deutschen Wirtschaft. HIIG Discussion Paper 2014-02. Berlin: HIIG.
- Benner, Christiane (2015): *Crowdwork – Zurück in die Zukunft? Perspektiven digitaler Arbeit*. Frankfurt am Main: Bund.
- Bitkom (2017): *Geschäftsmodelle in der Industrie 4.0. Chancen und Potentiale nutzen und aktiv mitgestalten*. Berlin: Bitkom.
- Boes, Andreas (2003): *Versuch einer Topographie der sozialen Auseinandersetzungen in der IT-Industrie. Arbeitspapier des Projekts ARB-IT2 3*. München: ISF München.
- Boston Consulting Group (2016): *Inside OPS. Are your operations ready for a digital revolution?* Boston: Boston Consulting Group.
- Brödner, Peter (2008): Das Elend computerunterstützter Organisationen. In: Gumm, Dorina (Hrsg.): *Mensch – Technik – Ärger? Zur Beherrschbarkeit soziotechnischer Dynamik aus transdisziplinärer Sicht*. Münster: LIT, S. 39–60.
- Brown, Phillip/Lauder, Hugh/Ashton, David (2011): *The Global Auction*. Oxford: Oxford University Press.
- Brynjolfsson, Erik (1993): The productivity paradox of information technology. In: *Communications of the ACM* 36, H. 12, S. 66–77.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): „Bundesminister Sigmar Gabriel zu den zentralen Themenfeldern von Industrie 4.0“. www.bmwi.de/DE/Presse/reden.did=700766.html (Abfrage: 13. 4. 2015).
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): *Autonomik für Industrie 4.0*. Berlin: BMWI.
- Butollo, Florian/Ehrlich, Martin/Engel, Thomas (2017): Amazonisierung der Industriearbeit? Industrie 4.0, Intralogistik und die Veränderung der Arbeitsverhältnisse in einem Montageunternehmen der Automobilindustrie. In: *Arbeit* 26, H. 1, S. 33–60.
- Butollo, Florian/Jürgens, Ulrich/Krzywdzinski, Martin (2018): Von Lean Production zur Industrie 4.0. Mehr Autonomie für die Beschäftigten?. In: *AIS-Studien – Arbeits- und Industriesoziologische Studien* 11, H. 2, S. 143–159.
- Calabrese, Giuseppe (1999), Human resources in concurrent engineering: the case of Fiat Auto. In: *New Technology, Work and Employment* 14, H. 2, S. 100–112.
- Clark, Kim/Fujimoto, Takahiro (1991): *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Boston: Harvard Business School Press.
- Däubler, Wolfgang (2015): *Internet und Arbeitsrecht*. 5. Auflage. Frankfurt am Main: Bund.
- De Stefano, Valerio (2016): The rise of the „just-in-time workforce“: on-demand work, crowdwork and labour protection in the „gig-economy“. *Conditions of work and employment series no. 71*. Genf: International Labour Office.
- Ernst, Dieter (2005): The new mobility of knowledge: digital information systems and global flagship networks. In: Lathman, Robert/Sassen, Saskia (Hrsg.): *Digital Formations: IT and New Architectures in the Global Realm*. Princeton: Princeton University Press, S. 89–114.
- Fjällström, Sabina/Säfsten, Kristina/Harlin, Ulrika/Stahre, Johan (2009): Information Enabling Production Ramp-up. In: *Journal of Manufacturing Technology Management* 20, H. 2, S. 178–196.

- Ford, Martin (2015): *Rise of the Robots. Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books.
- Forschungsunion/Acatech (2013): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. Berlin: Forschungsunion/Acatech.
- Fraunhofer ISI (2015): *Industrie 4.0. Zehn Thesen aus Sicht der Innovationsforschung*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Frey, Carl Benedict/Osborne, Michael (2013): *The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs to Computerization*. Oxford: Oxford Martin School.
- Gawer, Annabelle/Cusumano, Michael (2013): *Industry Platforms and Ecosystem Innovation*. In: *Journal of Production Innovation Management* 31, H. 3, S. 417–433.
- Gerber, Christine/Krzywdzinski, Martin (2019): *Brave new digital work? New forms of performance control in crowdwork*. Im Erscheinen in *Research in the Sociology of Work*.
- Haipeter, Thomas (2010): *Betriebsräte als neue Tarifakteure. Zum Wandel der Mitbestimmung bei Tarifabweichungen*. Berlin: edition sigma.
- Heidenreich, Martin/Kädtler, Jürgen/Mattes, Jannika (Hrsg.) (2016): *Die innerbetriebliche Nutzung externer Wissensbestände in vernetzten Entwicklungsprozessen. Endbericht zum Projekt „Kollaborative Innovationen“*. Oldenburger Studien zur Europaisierung und zur transnationalen Regulierung 25/2016. Oldenburg: Jean Monnet Centre for Europeanisation and Transnational Regulations.
- Herrigel, Gary/Voskamp, Ulrich/Wittke, Volker (2017): *Globale Qualitätsproduktion. Transnationale Produktionssysteme in der Automobilzulieferindustrie und im Maschinenbau*. Frankfurt am Main/New York: Campus.
- Hertwig, Markus (2015): *Dynamiken, Mythen und Paradoxien von Leiharbeit und Werkverträgen. Personalwirtschaftliche Strategien im Finanzkapitalismus*. In: Haipeter, Thomas/Latniak, Erich/Lehndorff, Steffen (Hrsg.): *Arbeit und Arbeitsregulierung im Finanzmarktkapitalismus*. Berlin: Springer, S. 73–103.
- Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): *Arbeiten in der Industrie 4.0: Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder*. Studie der Hans-Böckler-Stiftung Nr. 308. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Jürgens, Kerstin/Hoffmann, Reiner/Schildmann, Christina (2017): *Arbeit transformieren! Denkanstöße der Kommission „Arbeit der Zukunft“*. Bielefeld: transcript.
- Jürgens, Ulrich (2000): *Communication and Cooperation in the New Product and Process Development Networks – an International Comparison of Country- and Industry-specific Patterns*. In: Jürgens, Ulrich (Hrsg.): *New Product Development and Production Networks*. Berlin: Springer, S. 107–148.
- Jürgens, Ulrich/Krzywdzinski, Martin (2010): *Die neue Ost-West-Arbeitsteilung. Arbeitsmodelle und industrielle Beziehungen in der europäischen Automobilindustrie*. Frankfurt am Main/New York: Campus.
- Jürgens, Ulrich/Krzywdzinski, Martin (2015): *Competence Development on the Shop Floor and Industrial Upgrading. Case Studies of Auto Makers in China*, in: *The International Journal of Human Resource Management* 26, H. 9, S. 1204–1225.
- Keese, Christoph (2014): *Silicon Valley. Was aus dem mächtigsten Tal der Welt auf uns zukommt*. München: Knaus.
- Kenney, Martin/Zysman, John (2016): *The Rise of the Platform Economy*. In: *Issues in Science and Technology* 32, H. 3, [issues.org/32-3/the-rise-of-the-platform-economy/](https://www.issues.org/32-3/the-rise-of-the-platform-economy/) (Abfrage: 3.9.2017).

- Krzywdzinski, Martin (2016): Technologie, Qualifikationen und internationale Arbeitsteilung. Anmerkungen zu der Diskussion über Industrie 4.0. Discussion Paper SP III 2016-301. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.
- Krzywdzinski, Martin (2017): Automation, skill requirements, and labor use strategies. High-wage and low-wage approaches to high-tech manufacturing in the automotive industry. *New Technology, Work and Employment* 32, H. 3, S. 247–267.
- Krzywdzinski, Martin/Schwarz-Kocher, Martin/Korflür, Inger/Löckener, Ralf/Schröder, Axel (2016): Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie. Befragung von Arbeitnehmervertretern in Deutschland und Mitteleuropa, Version 1.01. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), unveröffentlichter Datensatz.
- Kushida, Kenji/Murray, Jonathan/Zysman, John (2015): Cloud Computing: From Scarcity to Abundance. In: *Journal of Industry, Competition and Trade* 15, H. 5, S. 5–19.
- Lazonick, William (2005): The Innovative Firm. In: Fagerberg, Jan/Mowery, David (Hrsg.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, S. 29–55.
- Leimeister, Jan Marco/Durward, David/Zogaj, Shkodran (2016): Crowdworker in Deutschland. Eine empirische Studie zum Arbeitsumfeld auf externen Crowdsourcing-Plattformen. Studie der Hans-Böckler-Stiftung Nr. 323. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Leimeister, Jan Marco/Zogaj, Shkodran (2013): Neue Arbeitsorganisation durch Crowdsourcing: Eine Literaturstudie. Studie der Hans-Böckler-Stiftung Nr. 287. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Lüthje, Boy/Butollo, Florian (2017): „Made in China 2025“: Intelligent Manufacturing and Work. In: Briken, Kendra/Chillas, Shiona/Krzywdzinski, Martin/Marks, Abigail (Hrsg.): *The New Digital Workplace. How New Technologies Revolutionise Work*. London: Palgrave Macmillan, S. 42–61.
- McAfee, Andrew/Brynjolfsson, Eric (2017): *Machine-Platform-Crowd. Harnessing Our Digital Future*. New York: W. W. Norton & Company.
- Moore, Phoebe/Robinson, Andrew (2015): The Quantified Self: What Counts in the Neoliberal Workplace. In: *New Media & Society* 18, H. 11, S. 2774–2792.
- OECD (2017): *Employment Outlook 2017*. Paris: OECD.
- Pfeiffer, Sabine (2016): Robots, Industry, 4.0 and Humans, or Why Assembly Work Is More than Routine Work. In: *Societies* 6, H. 2, S. 16–42.
- Promberger, Markus (2012): *Topographie der Leiharbeit. Flexibilität und Prekarität einer atypischen Beschäftigungsform*. Berlin: edition sigma.
- Rawlinson, Kevin (2013): Tesco Accused of Using Electronical Armbands to Monitor Its Staff. In: *Independent*, 13.2.2013, www.independent.co.uk/news/business/news/tesco-accused-of-using-electronic-armsbands-to-monitor-its-staff-8493952.html (Abfrage: 27.10.2017).
- Roland Berger/BDI (2015): *Die digitale Transformation der Industrie*. München/Berlin: Roland Berger/BDI.
- Schröder, Lothar (2016): *Die Digitale Treppe: Wie die Digitalisierung unsere Arbeit verändert und wie wir damit umgehen*. Frankfurt am Main: Bund-Verlag.
- Schwarz-Kocher, Martin/Korflür, Inger/Krzywdzinski, Martin (2019): Standortperspektiven in der Automobilzulieferindustrie. Die Situation in Deutschland und Mitteleuropa unter dem Druck veränderter globaler Wertschöpfungsstrukturen. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Spath, Dieter, et al. (Hrsg.) (2013): *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Sydow, Jörg/Schüßler, Elke/Müller-Seitz, Gordon (2016): *Managing Inter-Organizational Relations. Debates and Cases*. London: Palgrave Macmillan.

Welt.de (2017): „Adidas arbeitet am Schuh der Zukunft“, www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infoline_nt/wirtschaft_nt/article167828678/Adidas-arbeitet-am-Schuh-der-Zukunft.html (Abfrage: 20.8.2017).

Wieselhuber & Partner/Fraunhofer IPA (2015): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0. Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau. München: Wieselhuber & Partner.