

Florian Butollo, Martin Ehrlich, Thomas Engel

Amazonisierung der Industriearbeit?

Industrie 4.0, Intralogistik und die Veränderung der Arbeitsverhältnisse in einem Montageunternehmen der Automobilindustrie

Zusammenfassung: Industrie 4.0 wird in der öffentlichen Diskussion meist im Sinne einer disruptiven Veränderung thematisiert. Unsere Fallstudie bei einem Montagewerk der Automobilindustrie, in dem wir Elemente der Industrie 4.0 verwirklicht sehen, offenbart hingegen starke Kontinuitäten zu vorangegangenen Paradigmen industrieller Organisation wie dem Lean-Production-Prinzip bzw. seiner Fortführung zu so genannten Build-to-order-Konzepten (BTO), die auf eine intelligente Verknüpfung von Kunden, Unternehmen und Zulieferern abstellen. Im untersuchten Werk impliziert das einen deutlichen Bedeutungszuwachs der Intralogistik, verbunden mit einem entsprechenden Beschäftigungsaufbau. Mit diesen Verschiebungen verändert sich auch der Charakter industrieller Arbeit. Neben der Montagetätigkeit und Maschinenführung entstehen neue Anforderungsprofile, die auf niedrigen Qualifikationen und schneller Einarbeitung beruhen. Das Szenario eines Nexus von individualisierter Produktion, Ablaufdeterminismus und einem Beschäftigungszuwachs in eher geringqualifizierten Tätigkeiten der Intralogistik bezeichnen wir aufgrund struktureller Ähnlichkeiten zur Branche des Online-Handels als „Amazonisierung der Industriearbeit“.

Schlüsselwörter: Industrie 4.0, Digitalisierung, Automobilindustrie, Logistik, Qualifikation

Amazonization of industrial work

Industry 4.0, intralogistics and the transformation of work in an assembly plant of the automotive industry

Abstract: In public debates, Industry 4.0 is mostly associated with a disruptive transformation. In contrast, our case study at an assembly plant of the automotive industry which has implemented some elements of Industry 4.0 shows strong continuities to former paradigms of industrial organization, especially to

lean production and so-called build-to-order systems (BTO). Both of those approaches to some degree aimed – just like Industry 4.0 – at the intelligent linkage of customers, enterprises and the supply chain. In the surveyed plant, the implemented production system results in a more prominent role of intralogistics functions which have grown in terms of investment and employment. This shift also implies modifications with regard to the character of industrial work. Besides, but often directly linked to assembly work, new functions have emerged in the realm of logistics and pre-assembly, mostly with low skill requirements. Because of some structural similarities to large e-commerce companies, we interpret the nexus of customized delivery, rigid sequencing of the production flow and rather low-skilled work as the possible scenario of an “amazonization” of industrial work.

Keywords: Industry 4.0, digitization, automotive industry, logistics, skill requirements

1 Einleitung

Eine Bezugnahme auf den von Unternehmensverbänden, Ingenieurwissenschaftlern und Bundesregierung propagierten Begriff „Industrie 4.0“ stellt die Sozialwissenschaften vor Probleme. Einerseits bündelt das Schlagwort laufende Entwicklungen in Produktionstechnik und Arbeitsorganisation, die durchaus disruptive Potenziale besitzen und entsprechende Umbrüche in der Arbeitswelt nach sich ziehen können (vgl. Brynjolfsson/McAfee 2015; Hirsch-Kreinsen 2015). Zum anderen ist der Begriff „Industrie 4.0“, wie inzwischen vielfach angemerkt (vgl. Pfeiffer 2015; Hirsch-Kreinsen 2015; Urban 2016; Butollo/Engel 2015), zu offensichtlich ein interessengeleitetes Kunstprodukt, als dass er aus wissenschaftlicher Sicht für bare Münze genommen werden könnte. Es handelt sich um eine technikzentrierte, nationalstaatlich und tendenziell auch einzelbetrieblich verengte Perspektive auf Veränderungen sozio-technischer Systeme, die erst in ihrem weiteren Zusammenhang mit Veränderungen globaler Wertschöpfungssysteme im Zuge der Digitalisierung hinreichend verständlich werden.

Zudem wirft die Periodisierung des behaupteten Bruchs Fragen auf. Zwar gibt es breite Zustimmung für die Diagnose, dass die Digitalisierung einschneidende Veränderungen in Techniknutzung und Arbeitsgestaltung mit sich bringen wird, doch erscheint die Terminierung einer neuen industriellen Revolution willkürlich. Die Ideengeber des Industrie-4.0-Konzepts setzen ihre These nicht in Bezug zu konkurrierenden und zum Teil älteren Deutungsangeboten wie

jenen der „Informationsgesellschaft“ (Steinbicker 2011), des „kognitiven Kapitalismus“ (Moulier Boutang 2011) oder gar eines „Postkapitalismus“ (Mason 2016) bzw. „Kapitalismus 2.0“ (Boes u.a. 2015), obwohl solch übergreifende Gesellschaftsdiagnosen doch Schnittstellen mit den Veränderungen in der industriellen Wertschöpfung aufweisen. Vor allem aber ist die Vorstellung eines Entwicklungssprungs an sich in Zweifel gezogen worden. Es gibt Hinweise auf den evolutionären Charakter des Konzepts, das z.B. Kontinuitäten zu den Diskussionen um Computer Integrated Manufacturing (CIM) aufweist (Menez u.a. 2016). Mehrere Autorinnen und Autoren heben zudem hervor, dass die einzelnen technischen Komponenten schon seit Längerem in verschiedensten Bereichen angewendet werden (vgl. Brödner 2015; Pfeiffer 2015, 18 f.). Dem entspricht die Sicht vieler Praktiker/innen, für die, wie der Betriebsratsvorsitzende eines in der Diskussion häufig als Modellfabrik ins Spiel gebrachten Betriebs bemerkte, mit Industrie 4.0 nun lediglich „eine neue Sau durchs Dorf“ gejagt werde.

Im Unterschied zu Einschätzungen, die Industrie 4.0 als noch nicht existenten Fluchtpunkt in der Zukunft verorten, beziehen wir uns in unserer Studie eines Montagewerks eines Automobilunternehmens auf einen Fall, in dem wir einige technologische und organisatorische Prinzipien der Industrie 4.0 bereits verwirklicht sehen.¹ Dies betrifft insbesondere die kundengerechte Fertigung einer schier unendlichen Variantenvielfalt („Losgröße 1“) ohne gravierende Produktivitätseinbußen unter Einsatz eines cyberphysischen Produktionssystems (CPS). Mit unserer Analyse arbeiten wir eine wichtige Dimension heraus, die, obwohl sie in einschlägigen Definitionen des Industrie-4.0-Konzepts angesprochen wird, in dem häufig einzelbetrieblich verengten Diskurs zu kurz kommt. Unsere These lautet diesbezüglich, dass Industrie 4.0 nicht primär als ein technologischer Bruch zu verstehen ist, sondern als eine Veränderung in Wertschöpfungsnetzwerken unter Anwendung teils neuer, teils etablierter Technologien, bei der das Verhältnis von Kunden, fokalen Unternehmen und Lieferketten (oftmals vermittelt über E-Commerce-Plattformen) im Mittelpunkt steht. Im Unterschied zu den angesprochenen Analysen der Kontinuitäten der Industrie-4.0-Diskussion zu technologischen Paradigmen wie CIM sehen wir insofern eine Fortsetzung bzw. Radikalisierung des Lean-Production-Paradigmas, dessen Gegenstand seit jeher die Prozessoptimierung zugunsten einer höheren Flexibilität im Dienste von sich ausdifferenzierenden bzw. pluralisierenden Kundenanforderungen war (vgl. Womack u.a. 1994, 53-74; Jürgens 2013).

¹ Insofern verwenden wir den Begriff – trotz der angesprochenen Zweifel an dessen Tragfähigkeit. Unsere Ergebnisse tragen dazu bei, den Begriff „Industrie 4.0“ zu dekonstruieren bzw. ihm seinen Platz in einem evolutionären Szenario von Produktionsmodellen zuzuweisen.

Eine solche netzwerk- und prozessorientierte Perspektive auf den Einzelbetrieb bringt Veränderungen von Produktionsorganisation und Arbeitsformen zum Vorschein, die in bisherigen Diskussionen zu Arbeit in der Industrie 4.0 kaum beachtet wurden. In dem von uns untersuchten Werk, wie auch in vielen anderen Fällen, bei denen die Interaktion zwischen Kunden und Unternehmen über den Onlinehandel charakteristisch ist, ist Industrie 4.0 vor allem eine Herausforderung für die Gestaltung der Intralogistik sowie der Lieferkette. Gerade in diesen Bereichen ist es mit Einführung einer größeren Variantenvielfalt zu großen Anlageinvestitionen und einem Beschäftigungsaufbau gekommen. Der Bedeutungszuwachs der Intralogistik im Unternehmen wirkt auf die restlichen Unternehmensbereiche zurück und strukturiert Arbeitsabläufe und -gestaltung neu. Neben einer Arbeitsverdichtung in der Montage beobachten wir eine Zunahme von Tätigkeitsprofilen, die einfachen Kommissionierungsaufgaben in der Logistikbranche ähneln. Solche Tätigkeiten können von geringqualifizierten bzw. ungelernten Beschäftigten übernommen werden und stellen insofern ein Einfallstor für die Unterminierung einheitlicher Lohnstandards dar.

Unser Beitrag beginnt mit konzeptionellen Anmerkungen in Form einer Arbeitsdefinition von Industrie 4.0 sowie theoretischen Überlegungen zu Kontinuitäten der Industrie 4.0 in Bezug auf die etablierten Produktionsmodelle in der Automobilindustrie (2). Anschließend vermitteln wir einen Überblick über das Produktionsmodell des untersuchten Werks und die strategisch sowie technisch induzierten Veränderungen, die zu einer Annäherung an das Industrie-4.0-Paradigma geführt haben (3). Auf dieser Grundlage liefern wir detaillierte Einblicke in die Implikationen dieser Veränderungen in Bezug auf Beschäftigungsentwicklung, Arbeitsgestaltung und Qualifikationsanforderungen sowie die damit verbundenen arbeitspolitischen Problemstellungen auf betrieblicher Ebene (4). Abschließend (5) fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchung zusammen und interpretieren sie hinsichtlich der leitenden Fragestellung nach dem Zusammenhang zwischen Modifikationen im Produktionsmodell und deren Implikationen für die Beschäftigten.

Die empirische Basis unseres Beitrags ist eine Fallstudie, die wir zwischen Februar und Juli 2016 durchgeführt haben. Das Datenmaterial besteht aus 13 qualitativen Interviews mit Vertretern des Managements, des Betriebsrats und mit Beschäftigten sowie einer Werksbesichtigung und vier detaillierten Arbeitsplatzbeobachtungen.² Für die Auswertung des Falls wurden zudem öffentlich

² Die Erhebung unter Leitung und Beteiligung der Autoren erfolgte in zwei Projekten: (1) Durch das BMBF-geförderte Verbundprojekt GAP (Gesunde Arbeit in Pionierbranchen, Laufzeit 2016 bis 2019) wurden zwei Interviews mit betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutzexper-

verfügbare Sekundärdaten und betriebliche Dokumente sowie Materialien aus früheren Untersuchungen 2009 und 2010 in diesem Unternehmen herangezogen.

2 Industrie 4.0 als Radikalisierung des Lean-Production-Paradigmas

Den mannigfachen Versuchen einer Definition bzw. einer Beschreibung von Industrie 4.0 ist gemein, dass die Vernetzung von Geräten und Menschen über das *Internet der Dinge* bzw. *cyberphysische Systeme* und die Verarbeitung digitaler Daten als Grundlagen der technologischen Neuausrichtung von Produktionsprozessen identifiziert werden. Dabei lassen sich zugleich Unterschiede in der Auffassung des Konzepts ausmachen: bezüglich der Reichweite (Industrie und/oder Dienstleistung, technische Prozesse und/oder organisatorische Abläufe); des Grads der Durchsetzung und der Reife der Technologien; der Frage, welche konkreten Basistechnologien und Grundfunktionen kennzeichnend sind; des Verhältnisses zu Markt und Kunden und vielem mehr (vgl. Pfrommer u.a. 2014; BMWi 2015; BITKOM/Fraunhofer IAO 2014; BITKOM u.a. 2015).

In unserer Verwendung des Begriffs wollen wir auf einen weiteren zentralen Unterschied der jeweiligen Interpretationen aufmerksam machen, der sich auf die zeitliche Dimension des technologischen Wandels bezieht. Auf der einen Seite behauptet ein Großteil der programmatischen Beschreibungen einen Umbruchcharakter. Die so genannten „Maximalisten“ (Bowles 2016), international agierende Think Tanks (z.B. The Boston Consulting Group, vgl. Rüssmann u.a. 2015), öffentlichkeitswirksame Intellektuelle (z.B. Brynjolfsson/McAfee 2015)

ten realisiert. (2) In einem Lehrforschungsprojekt an der Universität Jena (Was bringt Industrie 4.0?, Laufzeit 2015 bis 2016) führten Jobst H. Gaus, Christopher Knop, Mario-Michael Ottaiano, Nora-Lynn Schwerdtner, Gregor Stepponat, Nancy Vrede und David Wandjo zusammen mit den Autoren Interviews durch. In den drei Werkteilen Montage, Rohbau und Produktionssteuerung wurden mindestens je ein/e Beschäftigte/r, ein/e Management- und ein/e Betriebsratsvertreter/in angefragt. Mit den überwiegend als Einzel- und in Ausnahmefällen als Gruppengespräche geführten Interviews wurden vier Beschäftigte, sechs Betriebsratsmitglieder und drei Managementvertreter/innen erfasst. Die leitfadengestützten Gespräche dauerten zwischen 25 und 50 Minuten. Wir bedanken uns für das große Engagement in der Feldarbeit und die anregende Thesendiskussion bei den Befragten und den Interviewenden. Wir bedanken uns ebenfalls bei zwei anonymen Reviewer/innen, deren Hinweise wesentlich zur Verbesserung des Manuskripts beigetragen haben.

oder Rifkin 2014), Branchenverbände (z.B. BITKOM/Fraunhofer IAO 2014) und viele politiknahe Einrichtungen (z.B. die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech, vgl. acatech 2013), erwarten umfassende disruptive Veränderungen. Entsprechende Definitionen ordnen den Umbruch in große historische Linien der industriellen Revolutionen ein. Sie sehen autonome, sich selbst steuernde *cyberphysische Systeme* und *smart factories* als die produzierenden Einheiten der Zukunft an und sind überzeugt, dass die Karten hinsichtlich der wirtschaftlichen Stärke von Unternehmen, Branchen oder ganzen Volkswirtschaften neu gemischt werden.

Wir finden jedoch ebenfalls Hinweise auf einen Industrie-4.0-Begriff, der eine behutsame, pfadabhängige Entwicklung hervorhebt. Viele der heute eingesetzten Kommunikationsmittel, Vernetzungspraktiken und technischen Komponenten (z.B. Sensorik und Aktorik) werden in betrieblichen Prozessen allmählich als geeignete Werkzeuge entwickelt, getestet und etabliert. Industrie 4.0 ist in dieser Perspektive ein ferner, möglicherweise niemals erreichbarer Fluchtpunkt auf einem von der Gegenwart ausgehenden Kontinuum. Diese Fassung des Begriffs wird nicht unbedingt von Technikskeptikern oder „Minimalisten“ benutzt, sondern entspricht durchaus praktischen Erfahrungen der Anwender/innen und Entwickler/innen in Unternehmen. Industrie-4.0-Elemente funktionieren als sozio-technische Systeme (Rammert 2016) und setzen sich nicht bruchhaft durch, sondern folgen eher den Prinzipien allmählicher lernernder Adaption von Einzel- über Insel- zu systemischen Lösungen (Gerst 2015), was immer auch Lernprozesse und Möglichkeiten des Scheiterns einbezieht.

Wir gehen im Sinne eines solchen gradualistischen Begriffsverständnisses davon aus, dass Elemente einer Industrie 4.0 bereits in der Praxis von Industrieunternehmen in verschiedenen Branchen verwirklicht sind und Industrie 4.0 somit eher als eine (durchaus nicht einheitliche) *Roadmap* zu interpretieren ist, die Phasen dieser Entwicklung vorzeichnet. Entsprechend richtet sich unser Blick auch auf die technologischen und organisatorischen Prinzipien, die angewendet und erprobt wurden, bevor Industrie 4.0 sich zum massenmedialen Hype entwickelte. Ansätze cyberphysischer Systeme lassen sich beispielsweise bis in die 1990er Jahre zurückverfolgen, als bei Pionieren in der Automobilbranche erstmals so genannte Transponder auf die Rohkarossen gesetzt wurden, die Daten aufnehmen und von entsprechenden Sensoren an den Gerätschaften ausgelesen werden können.

Doch bestehen nicht nur auf technologischer Ebene Kontinuitätslinien, sondern auch in der Logik der Prozessoptimierung, die dem Industrie-4.0-Paradigma innewohnt. Aufgrund der lebendigen Diskussion um hochtechnologische Automatisierungstechnologien wird oft übersehen, dass Industrie 4.0 vor allen

Dingen ein Konzept zur organisatorischen Umwälzung beinhaltet, wie es auch aus der einschlägigen Definition der Plattform Industrie 4.0 hervorgeht:

„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte Industrielle Revolution, eine neue Stufe der *Organisation* und *Steuerung* der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Die zunehmend individualisierten Kundenwünsche lassen sich nur durch ein lebenszyklusübergreifendes Management nachhaltig umsetzen.“

Plattform Industrie 4.0 2013; Hervorhebung d. Verf.

Während der Fokus auf den gesamten Lebenszyklus der Produkte hier durchaus ein neues Element einführt, ist die Ausrichtung auf eine zunehmend an individuellen Kundenwünschen orientierte Massenfertigung keineswegs neu. Die Reduzierung der Losgrößen bildete vielmehr ein Credo des seinerzeit als Managementrevolution bezeichneten Lean-Production-Paradigmas:

„Schlanke Produktionssysteme sind ‚schlank‘ [...], weil sie im Vergleich der Produktionssysteme weniger Ressourcen benötigen, zugleich mehr Flexibilität im Hinblick auf die von den Märkten geforderte Vielfalt im Produktangebot bieten und dennoch zu besseren Ergebnissen in Bezug auf Qualität, Kosteneffizienz und Profitabilität führen.“

Jürgens 2013, 312-313

Das Produktionssystem von Toyota, wo die ‚schlanken‘ Prinzipien erstmals perfektioniert wurden, entwickelte sich seinerzeit vor dem Hintergrund eines kleinen und stark diversifizierten Binnenmarkts, in dessen Rahmen die flexible Produktion kleiner Losgrößen Konkurrenzvorteile bot (Womack u.a. 1994, 54). Die Überlegenheit des Lean-Production-Paradigmas äußerte sich darin, eine große Produktvielfalt zu kleineren Loszahlen sogar mit Effizienzgewinnen produzieren zu können. Das gelang durch die Reduzierung der Lagerbestände, die Umstrukturierung des Lieferantennetzwerks sowie die arbeitsorganisatorischen Innovationen von Gruppenarbeit und kontinuierlichem Verbesserungsprozess (ebd., 53-74).

Dieses Prinzip eines Aufbrechens der standardisierten Massenproduktion zugunsten einer kundengerechten Fertigung ohne Effizienzeinbußen stellt eine wesentliche Kontinuitätslinie zwischen dem Lean-Production-Paradigma und der heutigen Diskussion um die vierte industrielle Revolution dar. Im Zuge einer Weiterentwicklung solcher Ansätze in der Automobilindustrie wurde insbesondere mit so genannten Build-to-order-Systemen (BTO) darauf reagiert, dass „Marktbedingungen und Kundenwünsche [...] heute mehr Individualität und damit eine stärkere Segmentierung [fordern], auf die sich die Hersteller mit kunden- und nutzungsorientierten Fahrzeugen eingestellt haben“ (Klug 2010, 43; vgl. auch Gunasekaran/Ngai 2005). Die Weiterentwicklung der Produktionsmodelle (nicht nur) in der Automobilindustrie ist insofern als sukzessive Perfek-

tionierung der ‚schlanken‘ Prinzipien zu sehen – mit dem Fluchtpunkt „Losgröße 1“, der in der heutigen Industrie-4.0-Diskussion prominent ins Feld geführt wird (vgl. Schwarz-Kocher/Salm 2016). Eine Station auf diesem Weg ist beispielsweise das britische „3 Day Car Programme“ (1999 bis 2001), das eine erhebliche Verkürzung der Periode zwischen individualisierter Kundenbestellung und Auslieferung des Modells anstrebte (vgl. Klug 2010, 366-370). Eine solche Radikalisierung des Lean-Production-Konzepts erfordert vor allen Dingen eine Beseitigung künstlicher Mengenschwankungen in der Supply Chain und eine perfekte Prozessabstimmung:

„[D]as Produktions- und Logistiksystem wird den Schwankungen des Marktbedarfs ungefiltert gegenübergestellt. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung eines BTO Produktionssystems ist daher die Schaffung einer flexiblen Supply Chain, die in der Lage ist, Kundenaufträge schnell ins Logistiknetzwerk zu kommunizieren und diese in kurzen Lieferzeiten zu einem festen Liefertermin zu fertigen.“

Klug 2010, 362

Aus dieser Perspektive erscheint der Anspruch einer Produktion nach „Losgröße 1“ vor allen Dingen als ein Logistikproblem. Die in der Diskussion ins Feld geführten technologischen Elemente – CPS, augmented reality, digitale Assistenzsysteme usw. – dienen der Reduktion der Komplexität im Interesse einer reibungslosen Vernetzung der Abläufe.³ In Bezug auf Arbeit impliziert diese Auffassung zum einen eine noch unmittelbarere Kopplung der Beschäftigungsbedingungen und Arbeitsinhalte an Marktrisiken und zum anderen, im nachfolgend dargestellten Fall, eine zunehmende Bedeutung logistischer Tätigkeiten im Produktionsprozess.

3 Produktionsmodell: Vom Pilotprojekt der Lean Production zur Losgröße 1

Das untersuchte Montagewerk nahm seit seiner Gründung 1992 hinsichtlich seines Produktionsmodells eine Pionierposition im transnationalen Konzernverbund ein. Die implementierten Methoden orientierten sich strikt an den damals fortschrittlichsten Verfahren der Lean Production, die im Werk erprobt, sukzes-

³ Hierbei bearbeiten Industrie-4.0-Technologien dieselben Probleme, denen bereits mit der Einführung „Ganzheitlicher Produktionssysteme“ begegnet worden war – mit ähnlich ambivalenten Folgen für die Produktionsarbeit (vgl. Schwarz-Kocher/Salm 2016, 8-13).

sive verbessert und in der Folge auf andere Standorte ausgeweitet werden sollten. Sowohl die technische Ausstattung in der Montage als auch die Organisation der Intralogistik und die Verzahnung mit externen, teils in unmittelbarer Werksnähe angesiedelten, teils europaweit verstreuten Systemzulieferern entsprachen insofern dem neuesten technologischen Stand. Mittlerweile hat das Werk seinen technologischen Vorsprung jedoch eingebüßt. Der Automatisierungsgrad ist aufgrund zurückgehaltener Anlageinvestitionen niedriger als bei führenden Herstellern der Branche. Der Fokus der andauernden Rationalisierungsbemühungen – die Konzernführung gibt derzeit eine jährliche Einsparung von sechs Sekunden Arbeitszeit pro Fahrzeug vor – liegt entsprechend auf der Perfektionierung der Abläufe und der Erhöhung der Arbeitsproduktivität.

Die Einführung eines neuen Modells im Jahr 2012 bewirkte einschneidende Veränderungen in der Produktion. Das Kleinwagenmodell ist hinsichtlich der technischen Ausstattung und der Designoptionen mittels einer Online-Plattform vollständig vom Kunden konfigurierbar. Insgesamt stehen 60.000 (innen) bzw. 80.000 (außen) Ausführungsoptionen zur Verfügung. Sie umfassen die Motor- und Getriebesysteme, Außen- und Innendesign und zahlreiche Extras und Funktionen. Dadurch können über eine Million unterschiedliche Varianten gefertigt werden. Insofern ist die „Losgröße 1“ in diesem Werk durchaus schon verwirklicht, auch wenn bei diesem Modell weiterhin ein relevanter Anteil der Bestellungen als Standardausführung gefertigt wird. Die kundenkonfigurierten Modelle werden in die reguläre Produktionslinie eingetaktet. Das Werk besitzt somit die Flexibilität, „Losgröße 1“ ohne eklatante Produktivitätsverluste zu realisieren.⁴

Für die angerissene Diskussion um die Kontinuitäten der industriellen Paradigmen ist nun besonders relevant, dass dieses Kernelement der Industrie 4.0 – die kundengerechte Fertigung ohne Produktivitätsnachteile – mit Technologien realisiert wird, die schon in den 1990er Jahren etabliert und seitdem inkrementell verbessert wurden. Dies betrifft insbesondere die Kommunikation zwischen Produkten, Produktionsanlagen und Mitarbeiter/innen sowie die damit einhergehende digitale Echtzeitkontrolle der Montageabteilung.

Die Verbindung realer physischer Objekte und Prozesse mit informationsverarbeitenden Geräten erfolgte in den 1990er Jahren noch nicht über das Internet. Interne Schnittstellen und bestimmte Auslese- und Schreibpunkte der Transponder, die als Vorläufer der heutigen RFID-Technik anzusehen sind, ge-

⁴ Die durchschnittlichen Taktzeiten sind im Falle des neuen, kundenkonfigurierten Modells mit 120 Sekunden allerdings höher als bei dem im selben Werk gefertigten, stärker standardisierten Vorläufermodell (70 Sekunden).

währleisteten keine permanente, aber doch eine bedarfsgerechte Netzanbindung. Diese Vorform heutiger CPS wurde allmählich weiterentwickelt, und spätestens mit Einbindung von kundenspezifischen Bestelldaten, die via Internet erfasst und verteilt wurden, kann von einem vollwertigen CPS gesprochen werden. Mit Bestellung des Kunden werden Spezifikationen an Lieferanten und Werk kommuniziert und das Modell in die Produktionsplanung eingetaktet. Etwa sechs bis acht Wochen vorher kann auf der Grundlage der vorhandenen Daten die genaue Reihenfolge des spezifischen Modells in der Produktion angegeben werden, wobei von Seiten der Produktionssteuerung manuelle Eingriffsmöglichkeiten bestehen, die Einzelmodelle auf der Taktstrecke kurzfristig zu verschieben. Insbesondere die Synchronisierung der zwei leicht versetzten Takte der Lackiererei und der Montage erfordert immer wieder Anpassungen und Optimierungen, die in den Steueralgorithmen bisher (noch) nicht exakt hinterlegt wurden.

Die RFID-Transponder liefern Informationen darüber, welche Schritte von der Anlage oder von den Bandmonteur/innen auszuführen sind. Die Beschäftigten können dementsprechend modellspezifisch aktualisierte Arbeitsanweisungen und Ausführungshinweise von den Monitoren in Arbeitsplatznähe ablesen. Als Quasi-Backups existieren parallel Ausdrucke, die am Auto mitgeführt werden und häufig Abzeichnungsvorgänge durch die Mitarbeitenden erfordern. Diese Papiere gehen später in ein Dokumentenarchiv, so dass eine langjährige Nachvollziehbarkeit für Reklamations- oder Versicherungsfälle besteht. Parallel dazu existiert eine digitale Echtzeitkontrolle über den Verlauf der Produktion, die in der Produktionssteuerungszentrale zusammenläuft. Fehler werden von den datenproduzierenden Werkzeugen (wie Schraubern) oder von datengenerierenden Montagerobotern in einer Datenbank hinterlegt. Zum Teil ziehen solche „N-OK“-Einträge routineunterbrechende Arbeitsschritte nach sich, für die Bandbeschäftigte jederzeit einspringen müssen.

Die beschriebenen Verfahren sind in der Automobilindustrie keineswegs neu, sondern entsprechen mittlerweile durchaus dem Standard. Bedeutsam ist jedoch, dass solche Verfahren nun eingesetzt und in gewisser Weise radikalisiert werden, um einer gestiegenen Variantenvielfalt Herr zu werden und eine direkte Vermittlung zwischen Kundenwünschen, die über die Online-Plattform gesendet werden, und den Produktionsabläufen herzustellen. Die Produktion wird unmittelbar an die Anforderungen des Marktes gekoppelt, denen die internen Abläufe im Montagewerk wie auch die Rhythmen der Lieferkette untergeordnet werden.

Mit der Einführung des neuen Modells kam es zu erheblichen Anlageinvestitionen und zu Modifikationen der Abläufe. Auch diese bauen auf entspre-

chenden Verfahren auf, die im Rahmen von BTO-Systemen entwickelt wurden. Am hervorstechendsten ist die räumliche Aufblähung der Intralogistik. In der neuen Fabrikhalle, die 2012 eröffnet wurde, entfallen zwei Drittel auf ein riesiges Teilelager, in dem es nach Aussage eines Betriebsratsmitglieds aussehe „wie bei IKEA“. Das Unternehmen folgt weiterhin dem Lean-Production-Prinzip, nach dem alle Lagerbestände unnötige Kostentreiber sind und vermieden werden sollten. Allerdings zwingt die hohe Teilevielfalt des neuen Modells zur räumlichen Expansion der Lagerbestände. Und der Trend ist nicht gestoppt, bereits heute ist absehbar: „Es werden mehr Lagerflächen benötigt, es werden noch ein paar Sachen dazukommen, die nicht so einfach zu *handlen* sind“, so ein Betriebsratsmitglied.

Die Herausforderung der kundengerechten Fertigung besteht nun in der Koordinierung der Lieferkette entsprechend den Prinzipien von *just in time* und *just in sequence* sowie in der Verknüpfung der Intralogistik und der Montageabteilung, um einen reibungslosen Materialfluss zu gewährleisten. Bei Letzterem wurden jene Verfahren einer internen Kommissionierung etabliert bzw. ausgebaut, die seit etwa Anfang des Jahrhunderts im Kontext der Ausweitung von BTO-Systemen in der Automobilproduktion entwickelt wurden und auf den Prinzipien des Lean-Gedankens aufbauen (vgl. Klug 2010, 191-204).

Die Einführung bzw. der Ausbau solcher Verfahren der Intralogistik führen zu veränderten Abläufen an der Fertigungslinie. Der eigentlichen Montage wurde ein Arbeitsschritt der Kommissionierung und Vormontage im so genannten „set-part-system“ (SPS) vorgeschaltet. Ein Betriebsrat bezeichnete diese nachträglich implementierte Struktur als „korrespondierende Logistik“. Im Dreischichtsystem arbeiten knapp 40 Beschäftigte in sieben Teams zu je vier bis fünf Mitarbeitern. Die SPS-Arbeitsplätze befinden sich unmittelbar in Bandnähe und sind umgeben von Regalsystemen, die von der Intralogistik befüllt werden. Anhand von Listen ‚picken‘ die SPS-Beschäftigten Materialien, montieren einzelne Baugruppen vor und sortieren diese in Kisten, welche an die Monteur/innen an der Fertigungslinie verteilt werden. Früher wurde die Vorsortierung und -montage direkt am Fließband ausgeübt, heute findet sie aufgrund der Variantenvielfalt etwas versetzt neben dem Band statt. Aufgrund der direkten Verzahnung von Fertig-Endmontage und Intralogistik lässt sich die „set-part-system“-Struktur auch als *(Vor-)Montage-Logistik* bezeichnen.

Im Kontrast zu den deutlichen Veränderungen in der Intralogistik steht die Konstanz in der Fertigungstechnik im Montagebereich. Dies fällt im Vergleich der separaten Produktionslinie des neuen, kundenkonfigurierten Modells mit jener des seit 2006 im Werk produzierten älteren Modells auf. Beide Linien verfügen über eine weitgehend identische Ausstattung an Industrierobotern und es

kommen datenproduzierende Werkzeuge (Scanner und Schrauber) zum Einsatz. Der Umfang des Robotereinsatzes und die Funktionalität der Robotik fallen deutlich hinter die Praktiken in technologischen Vorzeigebetrieben der Branche zurück. Aus Kostengründen wurde bei der Einrichtung der neuen Produktionslinie bei einzelnen Montagetätigkeiten sogar an der Robotik gespart, sodass die ältere Produktionslinie insgesamt einen höheren Automatisierungsgrad aufweist. Diese Beobachtung legt die Schlussfolgerung nahe, dass die wesentlichen Neuerungen auf dem Weg zu einer kundengerechten Massenproduktion nicht primär im Bereich der Anlageinvestitionen, sondern in der Gestaltung der Prozesse und dort insbesondere in der Intralogistik zu verorten sind.

Natürlich wirft dieser Befund auch die Frage auf, inwieweit das untersuchte Werk überhaupt als Prototyp der Industrie 4.0 aufgefasst werden kann. Diese Frage berührt das in Abschnitt 2 diskutierte Problem, worin denn der definitorische Kern von Industrie 4.0 besteht und wie sich dieser von früheren Paradigmen abgrenzen lässt. Ein Anwendungsbeispiel der Plattform Industrie 4.0 (Forschungsunion/acatech 2013, 68) lenkt den Fokus hierbei auf eine Ablösung zwangsverketterter Produktionsstraßen mit chronologisch aufeinander folgenden Montageschritten durch frei im Raum stehende CPS-fähige Prozessmodule. Anhand dieses Maßstabs ist man im untersuchten Werk nicht nur weit weg von einer solchen Zielvorstellung, sondern hat bisher noch keinerlei Schritte in diese Richtung unternommen. Allerdings ist fraglich, warum die kundengerechte Fertigung unter Anwendung von CPS mit einer chronologischen Auflockerung der Fertigungsabläufe verbunden sein muss. Die vorherrschende Tendenz in der Automobilindustrie, z.B. Toyotas *second generation production system (TPS2)* oder Volkswagens modulares Querbaukastensystem, besteht jedenfalls eher darin, die Versatilität der bestehenden Produktionsstraßen sukzessive zu erhöhen und dies auch modellübergreifend zu bewerkstelligen. Das von uns untersuchte Werk gewährleistet eine solche Flexibilität nur innerhalb des 2012 eingeführten Modells, allerdings zu einem Ausmaß, das der flexiblen Massenproduktion nach „Losgröße 1“ gleichkommt. Da diese Flexibilität nicht auf handwerklichem Weg, sondern unter Einsatz moderner Automatisierungsanlagen sowie einer umfassenden datentechnischen Vernetzung von Produkten, Produktionsanlagen und Beschäftigten zustande kommt, die Echtzeitkontrolle und entsprechende Anpassungen in den Abläufen gewährleistet, sehen wir in diesem Werk einen Prototyp eines Entwicklungspfads der „Industrie 4.0“. Aktuell ist schwer abzuschätzen, ob dieser Typ für eine Entwicklung steht, in der inkrementell höhere Flexibilisierungs- oder Auto-

omatisierungsniveaus sowie kürzere Durchlaufzeiten der Modelle erreicht werden können.⁵

Insgesamt verweist die Konfrontation zwischen dem Konzept „Industrie 4.0“ und unserem empirischen Fall erneut auf die Kontinuitäten zwischen dem neuen Paradigma und bestehenden Praktiken speziell in der Automobilproduktion, welche vor allem auf Ebene der Produktionslogistik und der damit verknüpften datentechnischen Vernetzung festzustellen sind und weniger auf Ebene der Industrierobotik. Im beschriebenen Fall entwickelt sich Industrie 4.0 in Pfadabhängigkeit zu den bereits etablierten Verfahren. Inwiefern die in der Literatur beschriebenen Fluchtpunkte Realität werden, hängt nach unserem Ermessen davon ab, ob sie sich gegenüber etablierten Verfahren als überlegen herausstellen. Ob die datengestützte Produktion nach Kundenwunsch zwangsläufig weitere Automatisierungsschritte im Fertigungsbereich nach sich ziehen muss, bleibt daher fraglich.

4 Produktionsarbeit 4.0: Neue Quellen der Arbeitsverdichtung und der Einfacharbeit

Die beschriebenen Änderungen im Produktionsmodell mit Einführung des neuen Fahrzeugmodells haben zu einer Veränderung in der Zusammensetzung der Belegschaft und in einigen Bereichen zu einer Veränderung der Anforderungsprofile geführt. Im Folgenden skizzieren wir diese Veränderungen mit einem besonderen Fokus auf die Bereiche der Fertig- und Endmontage (FEM) und die Kommissionierung (SPS) und diskutieren deren Implikationen für Qualifikationsanforderungen und Arbeitsbedingungen.

Von den rund 1.950 Stammbeschäftigten im Fallbetrieb arbeiten etwa 1.800 in der Fertigung, die in die Bereiche Karosseriebau, Lackiererei, FEM und Produktionssteuerung untergliedert ist. Die Beschäftigungsentwicklung der vergangenen Jahre verlief turbulent: Wegen Nichtauslastung fiel mit Beginn 2013 die Nachtschicht weg, 2015 wurde sie aufgrund der Fertigung neuer Modelle wieder eingeführt. Kurz nach Anlaufen der dritten Schicht wurde für einen Monat Kurzarbeit eingeführt. Die momentane Beschäftigtenzahl liegt in etwa auf dem Niveau von 2012, mit dem Unterschied, dass 400 ehemalige Leiharbeitnehmer/innen fest eingestellt wurden. Insgesamt sind noch rund 120 Leiharbeiten-

⁵ Die momentane Durchlaufzeit von sechs bis acht Wochen ist im Branchenvergleich keineswegs bemerkenswert.

de im Unternehmen tätig. Obwohl die Unstetigkeit, die sich in diesen Zahlen manifestiert, auch ökonomische Schwierigkeiten im betroffenen Konzern zum Ausdruck bringt, kann sie durchaus als eine Folge der direkteren Anbindung an die Marktschwankungen interpretiert werden. Ein Mitglied des Betriebsrats stellte jedenfalls fest, dass die Produktionszyklen kurzatmiger würden, somit ein ständiges „Atmen der Fabrik“ in Bezug auf die Beschäftigungszeiten nötig sei und Leiharbeitende hierbei als Puffer dienten.

Mit Blick auf die Struktur der Belegschaft zeigen sich zwei Haupttendenzen. Erstens ist es durch die sukzessive Digitalisierung und Vernetzung der Produktion zu einer Zunahme an planenden, überwachenden, kontrollierenden und wartenden Tätigkeiten gekommen. Im Planungsbereich wächst der Bedarf an Ingenieur- und Systemtechniker/innen. Innerhalb der Instandhaltung und der Produktionssteuerung werden vor allem Elektroingenieur- und Elektrotechniker/innen, aber auch Mechatroniker-, Maschinenbautechniker- oder Industriemechaniker/innen gesucht. Die steigende Bedeutung der Produktionssteuerung, die für den Auftragsfluss von der Bestellung bis zur Übergabe der Fahrzeuge an den Verkauf zuständig ist, resultiert aus den hohen Flexibilitätsanforderungen aufgrund der zunehmenden Modell- und Variantenvielfalt. Zweitens fand ein Aufbau der Beschäftigung im Bereich der Intralogistik und der Kommissionierung statt, was ebenfalls auf die Variantenvielfalt und die größere Bandbreite an Einzelkomponenten zurückzuführen ist. Zusammengefasst im Bereich *Supply Chain*, der den Materialfluss (350 Beschäftigte) und die Qualitätssicherung (150 Beschäftigte) umfasst, kommt hier nunmehr beinahe so viel Personal wie in der FEM zum Einsatz. Konkret bedeutet dies, dass auf 250 Beschäftigte in der Montage rund 150 bis 200 Beschäftigte in der Intralogistik kommen. Die SPS-Abteilung – organisationell dem Bereich *Supply Chain* zugeordnet, funktional ein zentraler Bestandteil der FEM – dient als Auffangbecken für leistungsgeminderte Mitarbeitende. Oftmals handelt es sich dabei um ältere Beschäftigte aus der FEM, die mit den hohen Taktfrequenzen am Band überfordert sind. Teilweise werden hier „die, die wir erst am Band krankgemacht haben“, wie ein Betriebsratsmitglied kritisch anmerkte, eingesetzt.

Der FEM-Bereich unterscheidet sich hinsichtlich des Aufgabenspektrums nur geringfügig von den branchenüblichen Standards. Die Fertigungsfacharbeiter/innen werden in die Grundfunktionen der Roboter und technischen Assistenzsysteme eingewiesen und führen gegebenenfalls einfache Wartungsaufgaben durch. Komplexere Aufgaben, die aufgrund von Vernetzung, Datenerhebung und Datenauswertung entstehen, wie auch die mit der Überwachung und Wartung der Technik verbundene zeitaufwändige und multifaktorielle Fehlersuche werden von Beschäftigten in der Instandhaltung und Produktionssteuerung

rung durchgeführt. Ein Manager beschreibt die Mensch-Maschine-Interaktion in diesem Bereich folgendermaßen:

„Der Werker bekommt eine Einweisung, was gemacht werden kann und soll, was Grundfunktionen bedeutet, bestimmte Positionen, Anfahren des Roboters oder eventuell Störungen. Teilweise werden auch einfache Wartungen und Instandhaltungen vom Werker selbst durchgeführt. [...] Aber das Anlernen vom Roboter selber, Austausch von Komponenten usw., das tut er nicht.“

Die Anschaffung neuer technischer Anlagen und Assistenzsysteme geht dementsprechend nicht mit einer qualifikatorischen Aufwertung der Beschäftigten einher. Die Beschäftigten werden lediglich in knapper Form in die Bedienung eingewiesen und in kurzer Zeit angelernt. In Teilbereichen kommen digitale Visualisierungen zum Einsatz, welche die Arbeitsschritte erleichtern sollen. Je nach Status und Einsatzfeld im Betrieb wird diese Form der Wissensvermittlung als Entwertungsprozess erlebt, wenn nicht gar der Eindruck entsteht, Qualifizierungsgelegenheiten entfielen – so die Aussage eines Betriebsratsmitglieds – komplett:

„In Bezug auf die Qualifikation sehe ich folgendes Problem für die Mitarbeiter [...], dass im Zug der Digitalisierung die Mitarbeiter nicht mehr qualifiziert sein müssen. Sie haben es ja dann, es wird ihnen visualisiert.“

Dies bedeute, dass Beschäftigten, die Teile in die Maschinen einlegen, zwar anschaulich vermittelt werde:

„Ich muss 1 auf 1 legen, 2 auf 2 usw. [...]. Wenn [jedoch, d. Verf.] neue Technik eingeführt wird, werden Instandhalter auf die neue Technik qualifiziert. Dem einfachen Mitarbeiter, der die Teile einlegt, wird kaum was erklärt.“

Ein Betriebsratsmitglied schildert, wie die Einführung neuer technischer Assistenzsysteme sogar zur kompletten Substituierung von Qualifizierungsmaßnahmen führt.

„Wir hatten früher mal, dass die Mitarbeiter selbst das HMI [Human Machine Interface, d. Verf.] bedient haben. Da gab es richtige Lehrgänge, richtige Unterlagen dafür. Mit der Einführung des neuen HMIs ist das alles weggefallen. Gibt es das nicht mehr. Der Mitarbeiter, wenn er will, kann er sich es anschauen und es sich selbst beibringen, aber Qualifizierungsmaßnahmen und Schulungen, das gibt's nicht.“

Ähnliches gilt für die Einführung neuer Benutzerschnittstellen, für die mittlerweile keine Unterlagen und Lehrgänge mehr angeboten werden.

Die Vergabe der Weiterbildungsmaßnahmen und Trainings bei arbeitsorganisatorischen oder technologischen Neuerungen erfolgt durch ein besonderes Test-Team, das als abgeordnete Einheit an den konzernweiten Trainings teilnimmt. Zu seiner Aufgabe gehört, die Erfahrungen mit den neuen Werkzeugen und Technologien an die betroffenen Teams der Belegschaft weiterzugeben. Abgesehen von diesen niedrigschwelligen Wissenstransfers stehen – nach Aussagen von Beschäftigten in der FEM – die Chancen auf die Anerkennung einer Anfrage auf Weiterbildung schlecht. Dass technische Assistenzsysteme gezielt eingesetzt werden, um Qualifizierungsmaßnahmen zu vermeiden, bestätigen auch Aussagen des Managements. Auf die Frage nach der Entwicklung des Bedarfs an Spezialisten oder Beschäftigten mit bestimmten Qualifikationen verweist der Personalmanager des Unternehmens zum einen auf einen wachsenden Bedarf an Ingenieur/innen und zum anderen darauf, dass steigenden Anforderungen im Bereich der Fertigung mit technischen Hilfsmitteln begegnet werden muss. Die Tätigkeiten an der Linie sollen so konzipiert werden, dass auch einfache Arbeiter/innen schnell angelernt werden können. Hierzu ist zukünftig unter anderem geplant, Datenbrillen, Datenhandschuhe und (in der Kommissionierung) Pick-by-light-Systeme einzuführen.⁶ Ein Produktionsmanager beschreibt die Gestaltung der Produktionsarbeit folgendermaßen:

„Die Tätigkeiten an der Linie sind so gehalten, dass man da relativ schnell reifindet. Da ist wichtig, dass man kommunizieren können muss, man muss teamfähig sein. Das ist eher der Schwerpunkt, als dass man sagt, da braucht man unglaublich hohes technisches Know-how. Wer nicht zwei linke Hände hat, kommt theoretisch [da]mit zurecht. Aber die Anforderungen werden größer, wir brauchen technische Hilfsmittel. Um auch den einfachen Arbeiter sicher durchzuleiten.“

Wie in dieser Aussage bereits anklingt, betreffen steigende Anforderungen an die Beschäftigten weniger fachliche denn sogenannte *soft skills*. Mit Blick auf sich im Zuge der Digitalisierung verändernde Arbeitsinhalte werden in den Gesprächen mit betrieblichen Akteuren neben gutem Sozialverhalten, guten Kommunikationsfähigkeiten und Teamorientierung vor allem Motivations- und Konzentrationsfähigkeit als zunehmend wichtige Eigenschaften der Beschäftigten benannt. Mit der Teilevielfalt einer digitalisierten kundengesteuerten Produk-

⁶ Bei Pick-by-light-Systemen wird „[d]ie zu greifende Fachposition [...] mit Hilfe von Signalleuchten visualisiert. Darüber hinaus wird durch ein Ziffern-Display die Anzahl der zu pickenden Positionen mitgeteilt. Nach Abschluss jeder Position wird über eine Bedientaste quittiert“ (Klug 2010, 196). Dieses Kommissioniersystem dient somit dazu, die Fehleranfälligkeit zu reduzieren, indem jeder Schritt der Mitarbeitenden visuell vorgegeben ist und dessen Umsetzung überwacht wird.

tion wächst die Fehleranfälligkeit, sodass die Anforderungen an die Aufmerksamkeit der Beschäftigten vor allem in der FEM deutlich zugenommen haben. Die Kombination aus Arbeitsverdichtung aufgrund jährlich steigender Taktfrequenzen, wachsender Komplexität und steigenden Anforderungen an die Aufmerksamkeit führt zu einer Zunahme an psychischer Beanspruchung, die, wie ein Betriebsratsmitglied schildert, gerade neue Mitarbeitende vor Herausforderungen stellt.

„Ja, die Anforderungen sind höher geworden dadurch. Also im, also ich sach mal, auch im psychischen Bereich, so würde ichs mal sagen. Hört sich jetzt zwar bisschen hochtrabend an, aber wir merken es auch, wenn neue Leute kommen. Was für Schwierigkeiten die auch haben, also das Tempo zu halten, also die Arbeitsintensität und dann eben die Komplexität.“

Erschwert wird die Konzentration dadurch, dass es sich bei den meisten Tätigkeiten an der Linie um getaktete Routinetätigkeiten mit immer gleichen Handgriffen handelt.

Dabei haben die Monotonie der Tätigkeit sowie die Arbeitsbelastung in der FEM nach Einschätzung des Betriebsrats mit der Einführung des SPS-Bereichs zugenommen. Wie bereits in Abschnitt 3 ausgeführt, wurde der eigentlichen Montagetätigkeit mit dem SPS ein Arbeitsschritt der Kommissionierung vorgeschaltet, bei dem die dort Beschäftigten Komponenten vorsortieren und vormontieren, die schließlich am Band endmontiert werden. Diese *Aufspaltung des Montageakts* in eine montierende und eine kommissionierende Tätigkeit resultiert in einer Arbeitsverdichtung in der FEM. Die eigentliche Montagetätigkeit reduziert sich auf wenige Handgriffe, während Ausgleichsbewegungen und kleinere Laufwege, die früher durch das Aufnehmen der Komponenten gegeben waren, wegfallen. Heute werden die Kommissionierungsbehälter griffbereit an der Linie platziert und es wird nur noch „montiert, montiert, montiert“, wie ein Betriebsratsmitglied kritisch kommentierte. Wie das nachfolgende Zitat verdeutlicht, weiß das Management um die Verschärfung der physischen Belastung, nimmt diese aber mit Rekurs auf das branchenübliche Bestreben nach Effizienzsteigerungen in Kauf:

„Natürlich fehlt es den Mitarbeitern, sich umzudrehen oder auch mal ans Regal zu gehen. Aber das ist letztendlich keine wertschöpfende Arbeit. Ich sag mal, jeder Arbeitgeber versucht natürlich, dass die Mitarbeiter so effizient wie möglich arbeiten. Das ist nicht nur bei uns, das ist überall so.“

Das Pendant zur Arbeitsverdichtung im Rahmen der Montagetätigkeit sind die neu geschaffenen Tätigkeitsfelder in der Kommissionierung, die als körperlich

weniger belastend gelten und unter dieser Voraussetzung auch vom Betriebsrat akzeptiert wurden. Dies ist im Kontext der demografischen Entwicklung im Werk zu sehen. Der Altersdurchschnitt in der Produktion ist in den letzten Jahren stetig angestiegen und nähert sich nach Aussagen eines Betriebsrats mittlerweile der 50-Jahre-Grenze. Da sich in der Rohmontage und der FEM die körperlichen Belastungen immer stärker bemerkbar machen, gibt es mittlerweile eine Warteliste für die SPS-Arbeitsplätze. Durch die Einführung des SPS konnte vermieden werden, eine größere Zahl von Beschäftigten über Altersteilzeitregelungen vorzeitig in den Ruhestand zu schicken.

Angegliedert an die Intralogistik, fungiert das SPS als Bindeglied zwischen der klassischen Materialanlieferung und der Materialbestückung an der Fertigungslinie. Von den Beschäftigten wird der Umgang mit kleinteiligen Listen und die Sortierung einer sehr großen Anzahl an Materialien erwartet. Da sich die Teile oft nur geringfügig unterscheiden, wird die Tätigkeit von den Beschäftigten des Bereichs als eher monoton und qualifikationsarm beschrieben. Zugleich erfordert sie aber eine sehr hohe Konzentrationsfähigkeit.

„Bei uns ist halt das Problem, wir haben halt sehr viel mit, äh, Zahlenkombinationen und Codes, Zahlen und allem Kram zu tun. Viele Aufträge vor den Augen. Ist ja nicht wie drüben in der FEM, wenn du am Band stehst und schraubst, dann machst du deinen Eingriff – immer deine gleichen Handgriffe. In unserem Bereich; wir haben da so ‘ne Artenvielfalt, also Teilevielfalt, das ist ein Wahnsinn.“

Das „Konzentrationsproblem, so viele Zahlen und Teile in den Griff zu kriegen und zu handhaben“, ist nicht zuletzt auf die Scharnierstellenfunktion des Bereichs zurückzuführen. „Wenn wir falsche Teile einpacken“, so ein SPS-Teamleiter, „dann Crash an der Linie. Dann steht das Band.“ Zahlreiche Fehlerquellen – z.B. wenn Beschäftigte die Intralogistik-Regale falsch füllen oder der Hersteller Materialien falsch gekennzeichnet hat – lassen den Nacharbeitsaufwand steigen. Für die überwiegend manuelle Tätigkeit im SPS-Bereich stehen den Beschäftigten wenig Hilfsmittel zur Verfügung. In Teilbereichen wird mit Pick-by-light-, Pick-by-voice- und Pick-by-point-Systemen experimentiert. Aus Sicht des Managements stellt die Einführung digitaler technischer Assistenzsysteme den Versuch dar, Fehlerquellen zu vermeiden und die psychische Belastung der Beschäftigten zu reduzieren. Da auch die Hilfsmittel fehleranfällig sind – die Pick-by-light-Systeme können Materialien im hinteren Regalbereich schlecht erfassen –, besteht nach Auskunft eines SPS-Mitarbeiters weiterhin die Anforderung, „hellwach (zu) sein und immer die Teile (zu) vergleichen, wenn eine neue Charge anfängt“. Für die Beschäftigten auf den Sequenzarbeitsplätzen ist die Modell- und Variantenvielfalt Herausforderung und Arbeitsintensivierung zu-

gleich. „Wir versuchen eigentlich nur diesen Wust an mehr Teilen, die reinkommen, überhaupt noch zu beherrschen“, so ein Mitarbeiter aus dem SPS.

Aus ergonomischer Sicht profitieren die Beschäftigten von den neu geschaffenen Arbeitsplätzen, die jedoch nicht als klassische Schon-Arbeitsplätze mit reduziertem Anforderungsniveau anzusehen sind, wie der Betriebsrat deutlich macht. Die befragten SPS-Beschäftigten haben vielfach körperliche Beeinträchtigungen, die eine Arbeit am Band nicht mehr erlauben. „Ich sag mal, mit meinen Gebrechen, die ich habe, fühle ich mich an diesem Arbeitsplatz gut im Lot“, so ein Mitarbeiter, „obwohl es mir nicht gut geht tagtäglich.“ Aufgrund der bereits ausgeführten psychischen Anforderungen gibt es aber auch Stimmen, die bezweifeln, dass die SPS-Tätigkeit als eine Schontätigkeit gelten kann. Ein Mitarbeiter an der Linie äußerte die Meinung, dass die körperliche Entlastung durch den wachsenden psychischen Druck wieder aufgeessen wird: „Der, der jetzt kein Rückenproblem mehr hat, kriegt vom Stress das dann anderweitig wieder drauf.“ Ein weiterer Kollege geht hinsichtlich der Entlastung von einem Nullsummenspiel aus:

„Grundsätzlich gibt's schon Arbeitsplätze, die man da geschaffen hat, wo man auch ältere Menschen hinstellen kann. Andererseits ist die Arbeitsdichte aber so hoch, dass, sag ich mal, das Körperliche, was man spart, von der Ergonomie, was man verbessert hat, an Stress und andern Bewegungsabläufen wieder aufgeessen wird, so will ich's mal sagen.“

Durch den Umgang mit kleinteiligen Listen und den hohen Konzentrationsbedarf entsprechen die SPS-Arbeitsplätze veränderten Arbeitsprofilen und einer Zunahme an fachfremden Tätigkeitsanteilen, was dem Betriebsrat zufolge vielen Mitarbeitenden „nach 20 Jahren Band schwerfällt“.

Die Einführung eines avancierten Produktionssystems, das die Fahrzeugproduktion nach Losgröße 1 ermöglicht, führte im untersuchten Werk nicht zu einer allgemeinen Aufwertung der Qualifikationsstrukturen, sondern zu einer Polarisierung der Tätigkeitsprofile. Der steigenden Anzahl von qualifizierten Tätigkeiten in den Bereichen Produktionsplanung, Systemtechnik und Instandhaltung stehen Tendenzen einer Vereinfachung der Arbeitsinhalte im Bereich der FEM und des SPS gegenüber. Die Komplexität der Anforderung, eine immer höhere Anzahl von Komponenten flexibel am Band zu montieren, wurde reduziert, indem der Montageakt in eine rein montierende und eine kommissionierende Tätigkeit aufgespalten wurde. Der Einsatz technischer Hilfssysteme vereinfacht zudem die Arbeitsabläufe, was wiederum die Grundlage für die von den betrieblichen Akteuren dargestellte Arbeitsverdichtung in der FEM ist.

Bemerkenswert ist hierbei, dass mit der SPS-Arbeit ein Tätigkeitsprofil auftritt, das frappierend geringqualifizierten Tätigkeiten der Kommissionierung bei

großen Logistikunternehmen ähnelt. Trotz der geäußerten Anforderung, den „Wahnsinn der Teilevielfalt“ und die damit einhergehende psychische Belastung in den Griff zu bekommen, ordnen wir diese Tätigkeiten durchaus dem Bereich der „industriellen Einfacharbeit“ zu, definiert als

„[...] Tätigkeit, die im Gegensatz zur qualifizierten Facharbeit keine einschlägige Berufsausbildung verlangt und nach kurzen Qualifizierungs- oder Einarbeitungsprozessen ausgeführt werden kann. Die Einfacharbeiten sind in der Regel arbeitsplatz- bzw. arbeitsbereichbezogen; übergeordnetes Wissen und Hintergrundwissen spielen keine oder eine untergeordnete Rolle. In der funktionalen Komplexität und der Handlungsautonomie der Einfacharbeiter bestehen Spielräume ‚nach oben‘, wenngleich sich diese auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau befinden.“

Abel u.a. 2014, 15

Der Weg zur „Losgröße 1“ führt im geschilderten Fall somit zu einem Aufbau der Intralogistik und einer Verschiebung des Tätigkeitsspektrums hin zu geringqualifizierten Tätigkeiten in der Kommissionierung.

Im konkreten Fall handelt es sich bei den SPS-Beschäftigten aufgrund des besonderen demografischen Kontexts im Werk durchgehend um Facharbeiter/innen. Es ist jedoch ohne weiteres vorstellbar, dass diese Funktionen zukünftig von Geringqualifizierten übernommen werden können. Ähnliches gilt, soweit unsere Daten Aussagen zulassen, auch für einige andere Bereiche der Intralogistik. Managementvertreter/innen benennen in Bezug auf die Arbeitsanforderungen in diesen Bereichen keine fachlichen, sondern überwiegend psychische Kriterien, d.h. in erster Linie ausreichende Konzentrationsfähigkeit.

Aufgrund der Verschiebung der Tätigkeitsprofile hin zu Aufgaben, die jenen in der Logistikbranche ähneln, deuten sich neue arbeitspolitische Konfliktfelder an. Ein Betriebsratsmitglied berichtet, dass es schon jetzt Auseinandersetzungen um die tarifliche Eingruppierung der Beschäftigten innerhalb der Intralogistik im Allgemeinen gibt:

„Ja, da gab es sicherlich schon Bestrebungen, was die Eingruppierung betrifft, oder wie auch immer, Unterschiede zu machen, grade was die von mir eben angesprochenen Bereiche betrifft. Da heißt es: Ja da fahren nur noch Stapler! Aber das ist falsch gesagt, weil die mittlerweile auch auf den Staplern so viele Prozesse beherrschen müssen, sodass da schon die Facharbeitergruppe gerechtfertigt ist.“

„Die Logistik wird insgesamt an Bedeutung zunehmen“, so ein Manager im Gespräch, „und der SPS-Bereich ebenfalls.“ Dass dieser Bedeutungszuwachs langfristig mit einem Aufbau an qualifizierter Facharbeit einhergeht, erscheint zweifelhaft. Allenthalben entstehen hier weitere potenzielle Felder für den Einsatz

von Leiharbeit durch Fremdanbieter, die im Branchenjargon schon heute „Logistiker“ genannt werden.

5 Schlussfolgerungen: Eine *Amazonisierung* der Industriearbeit?

Unsere Betriebsfallstudie über den Zusammenhang zwischen den Modifikationen eines Produktionssystems der Automobilindustrie auf dem Weg zur Industrie 4.0 und deren Implikationen für Industriearbeit fördert einige Befunde zutage, die konträr zur öffentlichen Diskussion verlaufen bzw. bislang unzureichend berücksichtigt wurden.

Zunächst legt die Beschaffenheit der eingesetzten Verfahren den Schluss nahe, dass die Umsetzung der Industrie 4.0 pfadabhängig verläuft. Das Bild einer neuen industriellen Revolution, einer neuen simultanen Stufe industrieller Entwicklung, ist nach unserem Dafürhalten eine unzulängliche Konstruktion, die die Verschiedenartigkeit branchen- und unternehmenseigener inkrementeller Adaptionsleistungen in Vergessenheit geraten lässt. Im Fall des von uns untersuchten Unternehmens bestehen deutliche Kontinuitäten zum Paradigma der Lean Production.⁷ Diese treten in der ehemaligen Modellfabrik für Lean Production in besonders anschaulicher Art und Weise zu Tage, da die Umsetzung einer individualisierten Produktion nach Kundenwunsch auf Basis von technologischen Elementen geschieht, die schon ab den 1990er Jahren eingeführt und sukzessive erweitert wurden. Die datentechnische Vernetzung des Produktionsverbunds durch ein CPS dient hier maßgeblich der digitalen Abbildung und Koordinierung der Produktionsabläufe, d.h. der Vermittlung zwischen Kundenspezifikationen, dem Montagewerk und den Zulieferern. Hierbei wird an jene Supply-Chain-Konzepte angeknüpft, die im Rahmen des Lean-Production-Paradigmas

⁷ Ob diese Kontinuität fallspezifisch ist oder tatsächlich ein allgemeines Merkmal der entstehenden Produktionsregime, muss empirisch untersucht werden. Wir behaupten durchaus eine allgemeine Kontinuitätslinie zwischen früheren Ansätzen der Flexibilisierung von Produktionsregimes und deren aktueller, technisch vermittelter Radikalisierung zur „Losgröße 1“, können dies im Rahmen unserer beschränkten Empirie jedoch nicht belegen. Hinzu kommt die Schwierigkeit, der berüchtigten Unbestimmtheit des Begriffs „Industrie 4.0“, mit dem eine Vielfalt von technologischen Anwendungen und organisatorischen Prinzipien – zwischen CPS, Assistenzrobotik und 3D-Druck – gefasst wird. Insofern sind auch Szenarien vorzufinden, die auf andere technologische und organisatorische Entwicklungsrichtungen abzielen als im beschriebenen Fall.

etabliert und im Rahmen der BTO-Modelle in der Automobilindustrie weiterentwickelt wurden.

Entsprechend erscheint Industrie 4.0 im hier untersuchten Fall vor allen Dingen als ein Logistikproblem. Es geht darum, die erhöhte Komplexität aufgrund divergierender Kundenanforderungen zu meistern, indem die Materialströme so organisiert werden, dass Reibungsverluste minimiert und die Montage ohne größere Produktivitätsverluste gewährleistet werden kann. Diese enge Kopplung zwischen Kundennachfrage und Bereitstellung der Komponenten wird im untersuchten Werk durch eine umfassende datentechnische Vernetzung der beteiligten Akteure bewerkstelligt, wobei die automatisierte Kommunikation zwischen mit Barcodes oder RFID-Chips versehenen Produkten und Maschinen eine wesentliche, aber noch ausbaufähige Rolle spielt.⁸ Auch diese technologischen Umsetzungswege knüpfen nahtlos an die *just-in-time*- und *just-in-sequence*-Verfahren des Supply Chain Management an, die in den letzten Jahrzehnten (auch datentechnisch) perfektioniert wurden.

Trotz der Bemühungen, die Komplexität der Fertigung durch EDV-Lösungen zu minimieren, geht die erhöhte Variantenvielfalt der Produkte mit einer Vergrößerung der Lagerbestände und einer Aufblähung des Logistikbereichs einher, was dem Lean-Management-Gedanken zu widersprechen scheint, wegen der Vielfalt der Komponenten aber schwer zu vermeiden ist. Für die Diskussion der Arbeitsbedingungen ist dabei von großer Bedeutung, dass die Vermittlung zwischen individualisiertem Kundenwunsch und der Herstellung im untersuchten Werk zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur durch einen Ausbau jener Tätigkeiten erreicht werden kann, die mit dem Einlagern und der Kommissionierung von Komponenten zu tun haben. Im Falle des SPS-Bereichs wurden diese Funktionen zum Teil aus der FEM herausgelöst und in Form eines spezifischen Tätigkeitsfelds neu strukturiert. Diese Modifikation ging mit einer Intensivierung der Tätigkeiten an der Produktionslinie einher, während im Rahmen des SPS geringqualifizierte Tätigkeitsprofile entstanden, die zwar eine Entlastung für das Muskel-Skelett-System bedeuten, zugleich allerdings neue psychische Belastungen mit sich bringen.

Obwohl unsere Interpretation aufgrund der beschriebenen Pfadabhängigkeiten der Produktionsmodelle keine Allgemeingültigkeit beanspruchen kann, halten wir die abstrakte Problemstellung für Unternehmen, eine größere Pro-

⁸ Das im Werk vorhandene CPS bildet den Prozess nicht in umfassender Weise ab, weshalb immer wieder Daten aus manueller Erhebung und Übermittlung hinzugezogen werden müssen. Daher kann von einer vollständigen Selbstregulierung des Systems durch miteinander kommunizierende Maschinen (noch) nicht die Rede sein.

duktvielfalt mit den Kapazitäten von Montage und Lieferkette zu vereinbaren, durchaus für verallgemeinerbar. Sowohl im Supply Chain Management als auch in der Intralogistik entstehen daher neue Anforderungen, die in der bisherigen Industrie-4.0-Diskussion weitgehend unberücksichtigt bleiben (vgl. Pfeiffer 2016). Nicht zufällig erlebten wir in den letzten Jahren den Aufstieg von Giganten des E-Commerce wie Amazon oder dem chinesischen Pendant Alibaba, deren Stärke eben darauf gründet, individualisierte, über Online-Plattformen kommunizierte Wünsche von Privatkunden mittels umfassender Logistikabteilungen mit einem Netzwerk von Produzenten zu verknüpfen. Die Arbeitsbedingungen in solchen, als „Avantgarde des digitalen Kapitalismus“ beschriebenen Unternehmen (vgl. Nachtwey/Staab 2015) zeichnen sich bekanntlich durch niedrigqualifizierte Tätigkeitsprofile (vor allem der so genannten „Picker“), durch einen streng getakteten Ablaufdeterminismus⁹ sowie durch eine rigide Überwachung der niedrig entlohnenden und geringqualifizierten Beschäftigten aus.

Eine unmittelbare Reproduktion solcher Verhältnisse in der Automobilproduktion ist selbstredend nicht zu erwarten. Die von uns interviewten Beschäftigten werden durchgehend nach Tarif, entsprechend ihrer Qualifikation als Facharbeiter/innen, bezahlt und verfügen über einen Betriebsrat, der sich für ihre Interessen stark macht. Auch finden wir in unserem empirischen Material keine Hinweise darauf, dass das technisch mögliche digitale Monitoring der Arbeit auch konsequent zur Leistungskontrolle eingesetzt wird, wie es in gewerkschaftlich schwach organisierten Logistikunternehmen vorkommt. Dennoch stoßen wir in unserer Studie auf Anzeichen dafür, dass sich auch in der Automobilindustrie Arbeitsverhältnisse replizieren können, die für gering qualifizierte Tätigkeiten im Logistiksektor typisch sind,¹⁰ und dies nicht nur, weil die betroffenen Tätigkeitsprofile in der Automobilindustrie ebenfalls als „Picker“ bezeichnet werden (vgl. Klug 2010, 195 f.). Zumindest in dem von uns untersuchten Bereich der (Vor-)Montage-Logistik orientiert sich die Arbeitsgestaltung bewusst an Formen der Einfacharbeit, die in der Logistikbranche entwickelt wurden, wo die Standards hinsichtlich der Arbeitsbedingungen und des Entlohnungsniveaus deutlich unterhalb jenen in der Automobilindustrie liegen. Im

⁹ Diesen Begriff verdanken wir unseren Studenten Jobst Gaus, David Wandjo und Christopher Knop.

¹⁰ Wie Sabine Pfeiffer jüngst dargestellt hat, ist Arbeit im Bereich der Produktionslogistik bezüglich Qualifikationsanforderungen und Arbeitsvermögen allerdings durchaus differenziert zu betrachten und die „häufig zu findenden Zuschreibungen als prekärer niedrig qualifizierter und von Routinearbeit geprägter Bereich“ treffen nicht zu (2016, 212).

untersuchten Werk deuten sich entsprechend Konflikte um die Einordnung der Tätigkeiten im Logistikbereich an.

Solche Szenarien neuer und bereits bekannter Effekte einer schleichenden *Tertiärisierung* vieler Tätigkeiten in der Industriearbeit lassen die freilich zuge-spitzte Frage berechtigt erscheinen, ob perspektivisch mit einer *Amazonisierung* der Industriearbeit zu rechnen ist. Damit meinen wir nicht eine grundsätzliche Identität von Arbeitsinhalten und -bedingungen, die auch im untersuchten Fall nicht mit jenen Praktiken vergleichbar sind, für die Amazon bekannt geworden ist (vgl. Nachtwey/Staab 2015). Wir verwenden den Begriff vielmehr tentativ, im Sinne eines möglichen Entwicklungspaths, bei dem strukturelle Ähnlichkeiten mit den Produktionsmodellen der großen Logistikunternehmen zu verzeichnen sind. *Amazonisierung* bezeichnet für uns demnach den Nexus erstens einer Individualisierung von Produkten mit zweitens einer starken Marktkopplung und Taktung der Prozesse gemäß den Kundenbestellungen über Online-Platt-formen sowie drittens einem Aufbau der Intralogistik durch einen Beschäfti-gungszuwachs primär in geringqualifizierten Segmenten.

Jenseits der Frage, ob dieser Begriff zur Beschreibung der heterogenen Ten-denzen in aktuellen Produktionsregimes taugt, erscheint er uns geeignet als Forschungsheuristik, die eben diesen Zusammenhang zwischen individualisier-ter Kundenbestellung, digital vermittelter Flexibilisierung von Unternehmen und *supply chains* sowie den Arbeitsprozessen in der Intralogistik zu erfassen sucht. Der Begriff macht außerdem darauf aufmerksam, dass aktuelle Diskus-sionen über den so genannten Plattformkapitalismus einiges zu einem Ver-ständnis der Entwicklungen in vermeintlich altbekannten Industriebetrieben beitragen können. Dies umschreibt einen weiteren blinden Fleck der Diskussio-nen um Industrie 4.0, denn die Veränderungen in Industriebetrieben werden bislang nicht hinreichend in Zusammenhang mit neuen Geschäftsmodellen in der digitalen Ökonomie gebracht.

Eine Einschränkung muss jedoch vorgenommen werden: Ob es in diesem oder in anderen Fällen mittelfristig tatsächlich zu einem Beschäftigungsaufbau im Bereich der Intralogistik kommt, muss sich noch herausstellen. Bekanntlich experimentieren Logistikunternehmen mit automatischen Lagersystemen (vgl. Kurz 2013).¹¹ Nach Aussagen eines Betriebsratsmitglieds ist noch 2016 geplant, halbautomatische Handlinggeräte – Halbroboter, die Teile aufnehmen und in Kisten packen können – innerhalb des SPS-Bereichs zu erproben. Sollten sich

11 Amazon richtete auf der Leipziger Messe „RoboCup“ sogar den „Amazon Picking Challenge“ aus, in deren Rahmen Ingenieur-Teams Roboter für möglichst fehlerfreies und schnelles Picken ins Rennen schickten, vgl. <http://www.robocup2016.org/de/events/amazon-picking-challenge>.

solche Ansätze in Richtung einer Vollautomatisierung entwickeln, wäre die Gefahr gebannt, Standards der Industriearbeit durch niedrigqualifizierte Logistikjobs zu unterlaufen. Die Zusammensetzung der Belegschaften würde sich infolge der Substitution einfacher Kommissionierungstätigkeiten entsprechend deutlich in Richtung der Hochqualifizierten bzw. der Facharbeit verschieben. Allerdings zöge dies gewiss einen Abbau von Arbeitsplätzen nach sich. An der von uns beobachteten Verdichtung der Arbeit im FEM-Bereich änderte sich zudem nichts.

Literatur

- Abel, Jörg, Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann (2014): *Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung und Perspektiven*. Berlin: edition sigma
- acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (2013): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Frankfurt a.M.
- BITKOM (Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und neue Medien), Fraunhofer IAO (2014): *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Berlin, Stuttgart
- BITKOM, VDMA (Verband Deutscher Maschinen-und Anlagenbau), ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik-und Elektronikindustrie) (2015): *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Berlin, Frankfurt a.M.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (Hg.) (2015): *Erschließen der Potenziale der Anwendung von „Industrie 4.0“ im Mittelstand*. Berlin.
http://www.zenit.de/fileadmin/Downloads/Studie_im_Auftrag_des_BMWi_Industrie_4.0_2015_agiplan_fraunhofer_uml_zenit_Langfassung.pdf, Abfrage am 30. September 2016
- Boes, Andreas, Tobias Kämpf, Barbara Langes, Thomas Lühr (2015): *Landnahme im Informationsraum. Neukonstituierung gesellschaftlicher Arbeit in der „digitalen Gesellschaft“*; in: *WSI-Mitteilungen*, 68, 2, 77-85
- Bowles, Jeremy (2016): *Die Computerisierung von Arbeitsplätzen in Europa*; in: Lothar Schröder, Hans-Jürgen Urban (Hg.): *Digitale Arbeitswelt. Trends und Anforderungen*. Frankfurt a.M.: Bund, 156-162
- Brödner, Peter (2015): *Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub?*; in: Hartmut Hirsch-Kreinsen (Hg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. Baden-Baden: Nomos, 231-250
- Brynjolfsson, Erik, Andrew McAfee (2015): *The second machine age. Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird*. 4. Auflage. Kulmbach: Börsenmedien AG
- Butollo, Florian, Thomas Engel (2015): *Industrie 4.0 – arbeits- und gesellschaftspolitische Perspektiven. Zwischen Dystopie und Euphorie*; in: *Z. Zeitschrift marxistische Erneuerung*, 26 (103), 29-41

- Forschungsunion, acatech (Hg.) (2013): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0
https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf
- Gerst, Detlef (2015): Industrie 4.0 als Herausforderung für den Gesundheitsschutz; in: Lothar Schröder, Hans-Jürgen Urban (Hg.): Gute Arbeit 2015. Frankfurt a.M.: Bund, 245-257
- Gunasekaran, Angappa, Eric W. T. Ngai (2005): Build-to-order supply chain management. A literature review and framework for development; in: Journal of Operations Management, 23, 423-451
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Einleitung: Digitalisierung industrieller Arbeit; in: Hartmut Hirsch-Kreinsen (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos, 7-30
- Jürgens, Ulrich (2013): Lean Production/Toyotismus; in: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Heiner Minszen (Hg.): Lexikon der Arbeits- und Industriesoziologie. Berlin: edition sigma, 312-317
- Klug, Florian (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Berlin: Springer
- Kurz, Constanze (2013): Roboter rücken bei Amazon vor. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 29. November 2013. <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/aus-dem-maschinenraum/aus-dem-maschinenraum-roboter-ruecken-bei-amazon-vor-12685684.html>, Abfrage am 13. März 2017
- Mason, Paul (2016): Postkapitalismus. Grundrisse einer kommenden Ökonomie. Unter Mitarbeit von Stephan Gebauer. Berlin: Suhrkamp
- Menez, Raphael, Sabine Pfeiffer, Elke Oestreicher (2016): Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM). Working Paper 01-2016. Hohenheim: Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Soziologie
- Moulier Boutang, Yann (2011): Cognitive capitalism. Cambridge: Polity Press
- Nachtwey, Oliver, Philipp Staab (2015): Die Avantgarde des digitalen Kapitalismus; in: Mittelweg 36, 24, 6, 59-84
- Pfeiffer, Sabine (2015): Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? Auf dem Weg zum digitalen Despotismus; in: Mittelweg 36, 24, 6, 14-36
- Pfeiffer, Sabine (2016): Bildung und Intralogistik in der Industrie 4.0 – eine empirische Annäherung; in: Arbeit – Zeitschrift für Arbeitsforschung, Arbeitsgestaltung und Arbeitspolitik, 25, 3/4, 195-215
- Pfrommer, Julius, Miriam Schleipen, Thomas Usländer, Ulrich Eppele, Roland Heidel, Leon Urbas, Olaf Sauer, Jürgen Beyerer (2014): Begrifflichkeiten um Industrie 4.0 – Ordnung im Sprachwirrwarr. Conference Paper zur 13. Fachtagung EKA 2014: Entwurf komplexer Automatisierungssysteme am 14. und 15. Mai 2014 in Magdeburg
<http://publica.fraunhofer.de/documents/N-290533.html>, Abfrage am 13. März 2017
- Plattform Industrie 4.0 (2013): <http://www.plattform-i40.de>
- Rammert, Werner (2016): Technik – Handeln – Wissen. Zu einer pragmatistischen Technik- und Sozialtheorie. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer VS
- Rifkin, Jeremy (2014): Die Null-Grenzkosten-Gesellschaft. Das Internet der Dinge, Kollaboratives Gemeingut und der Rückzug des Kapitalismus. Frankfurt a.M.: Campus
- Rüßmann, Michael, Markus Lorenz, Philipp Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel, Michael Harnisch (2015): Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Boston u.a.: The Boston Consulting Group

- Schwarz-Kocher, Martin, Rainer Salm (2016): Industriearbeit im Wandel des aktuellen Rationalisierungsparadigmas; in: Arbeits- und industriesoziologische Studien, 9, 1, 5-24
- Steinbicker, Jochen (2011): Zur Theorie der Informationsgesellschaft. Ein Vergleich der Ansätze von Peter Drucker, Daniel Bell und Manuel Castells. 2. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Urban, Hans-Jürgen (2016): Arbeiten in der Industrie 4.0. Über kapitalistische Rationalisierung und digitale Humanisierung; in: Lothar Schröder, Hans-Jürgen Urban (Hg.): Digitale Arbeitswelt. Trends und Anforderungen. Frankfurt a.M.: Bund, 21-45
- Womack, James P., Daniel T. Jones, Daniel Roos (1994): Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology. 8., durchgesehene Auflage. Frankfurt a.M.: Campus