

**Hartmut Hirsch-Kreinsen**

**Arbeit 4.0:  
Pfadabhängigkeit statt Disruption**

**Soziologisches Arbeitspapier Nr. 52/2018**

**Herausgeber**

**Prof. Dr. H. Hirsch-Kreinsen**

**Prof. Dr. J. Weyer**

**Prof. Dr. M. Wilkesmann**

# **Arbeit 4.0: Pfadabhängigkeit statt Disruption**

**Hartmut Hirsch-Kreinsen**

**Arbeitspapier Nr. 52 (März 2018)**

ISSN 1612-5355

## **Herausgeber:**

Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen

Prof. Dr. Johannes Weyer

Prof. Dr. Maximiliane Wilkesmann

Fachgebiet Techniksoziologie

Lehrstuhl Wirtschafts- und Industriesoziologie

johannes.weyer@tu-dortmund.de

Wis.wiwi@tu-dortmund.de

[www.wiwi.tu-dortmund.de/TS](http://www.wiwi.tu-dortmund.de/TS)

[www.wiwi.tu-dortmund.de/is](http://www.wiwi.tu-dortmund.de/is)

Fakultät Wirtschaftswissenschaften

Technische Universität Dortmund

D-44221 Dortmund

## **Ansprechpartnerin:**

Britta Tusk, e-mail: [wis.wiwi@tu-dortmund.de](mailto:wis.wiwi@tu-dortmund.de)

Die Soziologischen Arbeitspapiere erscheinen in loser Folge. Mit ihnen werden Aufsätze (oft als Preprint), sowie Projektberichte und Vorträge publiziert. Die Arbeitspapiere sind daher nicht unbedingt endgültig abgeschlossene wissenschaftliche Beiträge. Sie unterliegen jedoch in jedem Fall einem internen Verfahren der Qualitätskontrolle. Die Reihe hat das Ziel, der Fachöffentlichkeit soziologische Arbeiten aus der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität Dortmund vorzustellen. Anregungen und kritische Kommentare sind nicht nur willkommen, sondern ausdrücklich erwünscht.

# Inhalt

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Begrifflichkeit und empirische Basis .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Inkrementelle Digitalisierungsschritte.....</b>	<b>7</b>
3.1 Generell schleppende Verbreitung der neuen Technologien .....	7
3.2 Differenzierte Verbreitung im Einzelnen .....	8
<b>4. Strukturkonservativer Wandel von Arbeit.....</b>	<b>11</b>
4.1 Wenig eindeutige Substitutionseffekte .....	12
4.2 Marginaler Wandel von Arbeitsstrukturen .....	13
<b>5. Rahmenbedingungen .....</b>	<b>19</b>
5.1 Betriebs- und prozessstrukturelle Faktoren.....	20
5.2 Ungewisse ökonomische Effekte.....	22
<b>6. Fazit: Unverzichtbare historische Bezüge .....</b>	<b>26</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>27</b>

## Zusammenfassung

Ausgangspunkt des vorliegenden Papiers ist die vorherrschende Auffassung im Digitalisierungsdiskurs, dass gegenwärtig ein ausgesprochener Technologieschub mit disruptiven Folgen für Arbeit stattfindet. Im Beitrag wird jedoch argumentiert, dass ein disruptiver und Strukturen verändernder Wandel keinesfalls in allen Wirtschaftssektoren und Arbeitssegmenten anzutreffen und zu erwarten ist. Es wird vielmehr die These vertreten, dass sich mit der Digitalisierung von Arbeit und Industrie 4.0 im industriellen Sektor ein ausgeprägt pfadabhängiger Wandel von Arbeit verbindet. Gezeigt wird empirisch, dass sich Pfadabhängigkeit an nur inkrementellen Digitalisierungsmaßnahmen in den meisten Betrieben und einen damit verbundenen strukturkonservativen Wandel von Arbeit festmachen lässt. Als wesentliche Bedingungen hierfür werden betriebs- und prozessstrukturelle Barrieren und ungewisse ökonomische Effekte der Digitalisierung angesehen. Abschließend wird betont, dass zur Einschätzung der Perspektiven von Arbeit historische Bezüge klärend wären. Denn auch in der Vergangenheit wurden oft singuläre technologische Schübe mit weitreichenden sozialen Folgen befürchtet. Indes zeigte sich aber stets, dass es sich dabei um völlig überzogene Fehlannahmen handelte.

## Abstract

### **Digitization of Industrial Work: Path Dependency instead of Disruption**

Starting point of this paper is the prevailing view in the digitization discourse that there is currently a pronounced technology push with disruptive consequences for work. The article assumes, however, that disruptive and structural change is by no means to be found and expected in all economic sectors and working segments. The thesis of this paper is that the digitization of work and Industry 4.0 in the industrial sector combines a markedly path-dependent change of work. It is shown empirically that path dependency can be identified by incremental digitization measures in most companies and a related structural-conservative change of work. Essential conditions for this are company specific and process-structural barriers and uncertain economic effects of digitization. Finally, it is emphasized that to assess the perspectives of work, historical references would be clarifying. In the past, there were assumptions of singular technological surges with negative social consequences. However, it can be shown that these were completely overstated misconceptions.

## 1. Einleitung

Gegenstand des Beitrags ist der Zusammenhang zwischen der Einführung digitaler Technologien und dem Wandel industrieller Arbeit. Aufgegriffen wird damit ein Thema, das gesellschaftspolitisch wie auch wissenschaftlich mit Schlagworten wie Digitalisierung, Industrie 4.0 oder auch Arbeit 4.0 seit Jahren intensiv diskutiert wird. Im Mainstream dieser Debatte wird davon ausgegangen, dass in den westlichen Ländern gegenwärtig ein ausgeprägter Innovationsschub digitaler Technologien stattfindet, der zu einem weitreichenden Wandel von Arbeit und gesellschaftlichen Verhältnissen generell führe (stellvertretend z. B. Brynjolffson/MacAfee 2014; Kagermann 2014; Erixon/Weigel 2016; Jeschke 2017). Weit verbreitetes Schlagwort hierbei ist „Disruption“, wobei über kurz oder lang durch Digitalisierung ein totaler Umbruch aller sozialer und wirtschaftlicher Strukturen stattfindet und vor allem im wirtschaftlichen Bereich völlig neue Profitoptionen eröffne. So titelte jüngst auch *The Economist* „The business world is obsessed with disruption.“ (*The Economist* 2017).

In Hinblick auf den Charakter des sozialen Wandels von Arbeit werden dabei allerdings sehr unterschiedliche Prognosen formuliert:

- Einerseits sind pessimistische Perspektiven weit verbreitet, die Risiken wie hohe Arbeitsplatzverluste, Dequalifizierungsgefahren und eine wachsende Kontrolle, neue Belastungen sowie daraus resultierende wachsende soziale Unsicherheiten betonen. In gesellschaftspolitischer Hinsicht weist diese Auffassung einen geradezu dystopischen Charakter auf (z. B. Schirrmacher 2015; Betancourt 2016).
- Andererseits finden sich aber auch optimistische Perspektiven, die Arbeitsplatzgewinne, eine generelle Aufwertung von Tätigkeiten und Qualifikationen, deutlich verbesserte Lern- und Qualifizierungsmöglichkeiten sowie neue Möglichkeiten der Ausgestaltung der Work-Life-Balance erwarten. Diese Erwartung steht oftmals im Kontext einer gesellschaftspolitisch gesehen ausgeprägten technikutopischen Perspektive (z. B. Rifkin 2011; Urchs/Cole 2013; Mason 2016).

Trotz dieser grundlegenden Divergenzen ist beiden Perspektiven die Erwartung gemeinsam, dass Digitalisierung sowohl unvermeidbar als auch eine sich weitgehend autonom, ungehindert und schnell durchsetzende Entwicklung ist, die mit relativ eindeutig zu prognostizierenden negativen oder eben auch positiven sozialen Konsequenzen verbunden sei. Anders formu-

liert, beide Perspektiven unterstellen in unterschiedlicher Weise einen disruptiven Wandel von Arbeit und sozio-ökonomischen Verhältnissen durch Digitalisierung.

Nun kann die These von einer absehbaren disruptiven Entwicklung nicht grundsätzlich bestritten werden. Ohne Frage ist in einer ganzen Reihe von Wirtschaftssektoren und Arbeitsmarktsegmenten im Zusammenhang mit der fortschreitenden Nutzung digitaler Technologien ein anhaltender Prozess weitreichender struktureller Veränderungen im Gange. Dies betrifft seit dem Ende 1990er Jahre zunächst jene Sektoren, wo Produktion, Verkauf und Kommunikation unmittelbar auf immateriellen Transaktionen sowie der Nutzung von großen Datenmengen basieren. Zu nennen sind hier Dienstleistungssektoren wie die Musikherstellung und -distribution, das Verlags- und Zeitschriftenwesen oder auch Finanzdienstleistungen, deren Digitalisierung weitreichende Veränderungen von Firmen- und Branchenstrukturen nach sich gezogen hat (Zuboff 2010; Brynjolfsson/McAfee 2014). Insbesondere finden auch im Konsumtionsbereich durch die Nutzung digitaler Plattformen als Koordinationsmedium weitreichende Wandlungsprozesse statt, die zu einer neuen Qualität der Kundenbeziehungen, Geschäftsmodellen und damit zusammenhängenden Arbeitsmustern führen. Zu nennen sind hier die durch digitale Vernetzung und Plattformen offensichtlich beschleunigte Ausweitung von Formen entgrenzter und kollaborativer Arbeit, die auch als „Crowdwork“ oder „Gigwork“ bezeichnet werden. Empirisch wird diese Entwicklung bislang hauptsächlich in Sektoren wie der IT- und Softwarebranche, einer ganzen Reihe von Dienstleistungsbereichen oder auch bei einigen Engineeringfunktionen im industriellen Bereich verortet (z. B. Leimeister/Zogaj 2013; Staab 2016; Schmidt 2017).

Indes findet sich ein als disruptiv zu charakterisierender Strukturwandel keinesfalls in allen Wirtschaftssektoren und Arbeitssegmenten. Entgegen aller Erwartungen etwa des deutschen Industrie 4.0-Diskurses belegen vielfältige Evidenzen, dass bislang insbesondere der industrielle Sektor von eher moderaten Wandlungstendenzen geprägt ist. Daher soll im Folgenden die These ausgeführt werden, dass sich mit der Digitalisierung keineswegs die angenommenen (positiven oder negativen) disruptive sozialen Konsequenzen generell verbinden, sondern Digitalisierung im industriellen Bereich einen ausgeprägt *pfadabhängigen Wandel Arbeit* nach sich zieht. Konkreter formuliert, Digitalisierung wirkt „...vielfach als Verstärker und Beschleuniger bestehender Trends und Dynamiken“ (Kuhlmann 2017; insbesondere auch: Minssen 2017). Wie im Folgenden gezeigt wird, sprechen für diese These eine Vielzahl empirischer Evidenzen sowie konzeptionelle Überlegungen der sozialwissenschaftlichen Forschung zum technologischen Wandel (vgl. dazu auch Hirsch-Kreinsen et. al 2018).

## 2. Begrifflichkeit und empirische Basis

Unter Pfadabhängigkeit soll vereinfacht ein Wandlungsprozess verstanden werden, der vor allem durch positive Feedback-Effekte und die Vermeidung unkalkulierbarer Risiken einem von den gegebenen organisationsstrukturellen und personellen Bedingungen weitgehend vorgezeichneten Pfad folgt.<sup>1</sup> Pfadabhängigkeit bei Digitalisierung bedeutet danach kein Bruch der gegebenen und gewachsenen Arbeitsstrukturen, sondern diese werden bei Einsatz der neuen Technologien moderat weiterentwickelt und kontinuierlich rationalisiert. Durch die damit erreichten positiven ökonomischen Rückkopplungseffekte stabilisiert sich der einmal eingeschlagene Entwicklungspfad und Richtungsabweichungen sind aufwendig und risikoreich und werden daher möglichst vermieden. Pfadabhängigkeit in dem im Folgenden diskutierten Sinn weist zwei zentrale Dimensionen auf:

- Zum einen verläuft der digitale Wandel in den allermeisten Betrieben vorherrschend *inkrementell* und ist eng verschränkt mit den je gegebenen realen, stofflichen, sozialen und ökonomischen Möglichkeiten und Restriktionen der Anwenderbetriebe.
- Zum zweiten verändert sich industrielle Arbeit dabei *strukturkonservativ*, das heißt der Wandel von Arbeit verläuft im Rahmen der existierenden Organisations- und Arbeitsstrukturen, ohne diese grundlegend zu verändern oder aufzubrechen - der Status Quo bleibt weithin erhalten. Allenfalls werden die gegebenen Arbeitsprozesse durch marginale Anpassungen der Arbeitsformen an die neuen Technologien im gegebenen Rahmen verändert und kontinuierlich rationalisiert.

Die empirische Basis der folgenden Ausführungen umfasst einen Mix unterschiedlicher Methoden:

- Zum einen stützt sich die Argumentation auf die Ergebnisse laufender Analyse der einschlägigen Literatur wie des öffentlichen und wissenschaftlichen Diskurses zur Frage der sozialen Folgen der Digitalisierung. Dabei werden vor allem auch die Ergebnisse vorliegender statistisch-quantitativer Analysen zusammengefasst.

---

<sup>1</sup> Zur soziologischen Debatte über den Begriff der Pfadabhängigkeit vgl. z. B. Beyer 2005.

- Zum zweiten wird auf qualitative Ergebnisse von Betriebsfallstudien und Expertengesprächen in Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und der Logistik zurückgegriffen, die neue digitale Systeme einführen.

Die qualitativen Erhebungen wurden und werden im Rahmen von zwei Projekten der Grundlagenforschung sowie im Kontext von drei anwendungsorientierten Forschungsprojekten durchgeführt. Das untersuchte Sample umfasst insgesamt 33 Betriebsfallstudien. In der Regel umfassten diese Expertengespräche mit Managementvertretern und Betriebsräten sowie ausführliche und teilweise wiederholte Betriebsbesichtigungen. In den Betrieben wurde die Einführung verschiedenster Komponenten und Systeme digitaler Technologien untersucht. Dabei handelte es sich um Betriebe der Metall- und Möbelindustrie, Betriebe aus Teilbranchen der Prozessindustrie sowie um Logistikunternehmen. Mehrheitlich handelt es sich dabei um mittlere und kleinere Unternehmen. Gegenstand der Betriebsfallstudien ist die Einführung von beispielsweise Handlingrobotern, Simulationssystemen, Prozessleitsystemen, Planungs- und Informationssystemen, RFID-Produktkodierungen, Assistenzsystemen der verschiedensten Art sowie vernetzte Transport- und Logistiksystemen.

Mehrheitlich sind die empirischen Erhebungen im Rahmen der erwähnten Forschungsprojekte noch nicht abgeschlossen und im vorliegenden Papier werden Zwischenergebnisse zusammengefasst. Das heißt, die vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind hierzu nicht systematisch ausgewertet worden, vielmehr werden sie selektiv zur genaueren Begründung und Illustration der einzelnen Thesen herangezogen. Insofern handelt es sich bei der folgenden Argumentation um eine „Work in Progress“, mit der Diskussionen und weitere Forschungen initiiert werden sollen.

### **3. Inkrementelle Digitalisierungsschritte**

#### ***3.1 Generell schleppende Verbreitung der neuen Technologien***

Dass Digitalisierung bislang im industriellen Bereich inkrementell verläuft, lässt sich zunächst an den vorliegenden statistischen Daten zur Verbreitung digitaler Technologien in der deutschen Industrie festmachen. Denn jenseits der immer wieder in der Fachöffentlichkeit zitierten größeren „Highend-Betriebe“ findet Digitalisierung in den allermeisten Betrieben nur schrittweise und sehr begrenzt statt (z. B. Arntz 2016; BMWI 2016; Icks et al. 2017; Lerch et al. 2017 Schmidt 2017). Den vorliegenden Breitendaten zu Folge ist im industriellen Bereich ist

im Vergleich zur etwa zur IKT-Branche, den Finanz- und Versicherungsdienstleistern, wissensintensiven Dienstleistern und dem Handel eine große Zurückhaltung gegenüber den digitalen Technologien zu erkennen. Nach einer Erhebung des IAB/ZEW aus dem Jahre 2016 hat sich fast die Hälfte aller Produktionsbetriebe (46,5 %) noch nicht mit der Nutzung digitaler Technologien auseinandergesetzt, während knapp 37 % der befragte Betriebe diese Technologien allenfalls partiell einsetzen (Arntz 2016: 4). Zudem ist innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes eine deutliche Spreizung der Verbreitung unübersehbar. Der Digitalisierungsgrad ist im Maschinen- und Fahrzeugbau sowie in der Chemie und Pharmabranche deutlich höher als im großen Rest des Verarbeitenden Gewerbes (BMW 2016). Auch sind ganz erhebliche Differenzen in Hinblick auf die jeweils eingesetzten konkreten digitalen Technologien erkennbar (Lerch et al. 2017). Schließlich sind deutlich unterschiedliche Entwicklungen zwischen verschiedenen Betriebsgrößenklassen erkennbar.

Betriebsstrukturelle Faktoren stellen ganz offensichtlich einen entscheidenden Einflussfaktor auf die Reichweite der Verbreitung digitaler Technologien dar. Den vorliegenden Daten zufolge haben sich mehr als die Hälfte aller Produktionsbetriebe mit bis weniger als 50 Beschäftigten noch nicht mit der Frage der Digitalisierung befasst, während dies bei Betrieben mit mehr als 200 Beschäftigten lediglich knapp 18 % sind. Die Anteile der Betriebe, die diese Technologien einsetzen bzw. als zentral erachten beträgt bei den ersteren knapp 30 % und bei den größeren Unternehmen rd. 45 % (Arntz 2016: 5). Festhalten lässt sich daher insgesamt, dass das Gros vor allem der industriellen KMU sich keineswegs auf dem Weg in eine digitale Transformation befindet. Vielmehr verläuft die absehbare und dominante Entwicklung allenfalls in Richtung einer schrittweisen Digitalisierung der Kernprozesse (z. B. Saam et al. 2016; Göcking et al. 2017). Diese Sicht unterstreicht eine Ende 2017 vorgelegte empirische Untersuchung des Fraunhofer ISI, wonach ein „dynamischer Anstieg für die Verbreitung digitaler Technologien...nicht zu erwarten“ sei (Lerch et al. 2017: 3).

### **3.2 Differenzierte Verbreitung im Einzelnen**

Im Einzelnen muss freilich der industrielle Sektor in Hinblick auf den Grad der Digitalisierung verschiedener Teilbranchen und Betriebe differenziert werden. Denn Betriebe verfolgen im Einzelnen sehr unterschiedliche Strategien und die Verbreitung digitaler Technologien ist von einer Reihe betriebs- und prozessstruktureller Bedingungen abhängig. Neben dem Faktor Betriebsgröße spielen den vorliegenden Befunden zufolge hier auch Faktoren wie generelle Technologieintensität sowie Prozessstrukturen eine Rolle (z. B. Lerch et al. 2017).

Diese Zusammenhänge lassen sich mit dem Rückgriff auf in der Literatur gebräuchliche Kategorien von Betrieben unterschiedlichen Digitalisierungsgrades genauer erfassen. Diese Kategorien bezeichnen sog. Vorreiterunternehmen, abwartende Unternehmen bzw. sog. Follower und skeptische Unternehmen (z. B. Kleinhempel et al. 2015; Lichtblau et al. 2015; Pfeiffer 2016/2017; Saam et al. 2016; Icks et al. 2017; RKW 2017). Fasst man die vorliegenden Forschungsergebnisse aus der Literatur und die Detailergebnisse unserer eigenen Fallstudien zusammen (vgl. hierzu Wienzek 2018), so ergibt sich in erster Näherung das folgende Bild:

Zum einen *Vorreiterunternehmen*: Diese Unternehmen setzen die neuen digitalen Technologien weitreichend und systematisch ein. Zu nennen ist hier die Weiterentwicklung schon seit langer Zeit IT-gestütztes Produktions- und Steuerungssysteme. Dabei geht es nicht nur um Systeme auf dem Shopfloor, sondern auch in indirekte Bereiche wie Logistik oder Engineering werden neue Systeme eingeführt. Aktuelle Ansatzpunkte sind weiterhin eine Vernetzung der verschiedenen Systeme, eine Optimierung von Datenbeständen und Informationsfunktionen bei Steuerungs- und Managementsystemen sowie partiell die Implementation selbststeuernder Systeme wie moderne Leichtbauroboter. Begleitet sind diese Prozessinnovationen oftmals von Produktinnovationen und der schrittweise Entwicklung datengestützter neuer Geschäftsmodelle. Den Daten des ZEW (Saam et al. 2016) zufolge können etwa ein knappes Fünftel der Betriebe aus dem verarbeitenden Gewerbe der Vorreiterkategorie zugeordnet werden. Dabei handelt es sich in der Regel um technologieintensive und größere Unternehmen aus dem Maschinenbau, der Automobilindustrie, der elektrotechnischen Industrie, aber auch der Prozessindustrie. Ihre Prozessstrukturen zeichnen sich sowohl durch hohe Komplexität als auch durch eine hohe Seriengröße aus (Lerch et al. 2017: 8). Ein treibender Faktor des Einsatzes digitaler Technologien in Betrieben des Maschinenbaus und der Elektrotechnischen Industrie ist oftmals auch der Umstand, dass diese Betriebe Entwickler und Hersteller der neuen Technologien sind und durch die Anwendung im eigenen Betrieb die Funktionsfähigkeit und den ökonomischen Nutzen der Innovationen demonstrieren wollen. Aus unserem Untersuchungssample lassen sich etwa sechs Fallbetriebe, die aus dem Maschinenbau, der elektrotechnischen Industrie und Prozessindustrie stammen, dieser Kategorie zuordnen.

Zum zweiten *abwartende Unternehmen* oder auch *Follower*: Zentrales Merkmal dieses Betriebstypus ist der schrittweise und begrenzte Einsatz neuer digitaler Technologien und ihre Nutzung zur Optimierung der laufenden Prozesse. Dabei orientieren sich die fraglichen Betriebe vielfach an erfolgreichen Technologiemustern von bekannten Vorreiterunternehmen. Wie die Fallstudienbefunde zeigen haben alle Betriebe dieser Kategorie grundlegende Anwendungen digitaler Technologien wie etwa die Nutzung von Internetzugang und Cloudcomputing

realisiert. Darüber hinaus werden die innerbetrieblichen Kommunikations- und Informationssysteme ausgebaut, die verschiedenen Funktionsbereiche, insbesondere Produktion und Planung eng vernetzt und oftmals vorhandene Planungs- und Steuerungssysteme weiterentwickelt. Auch ist vielfach die schrittweise Einführung mobiler Endgeräte wie Tablets oder auch Weareables der verschiedensten Art beobachtbar mit dem Fernziel, die papierlose Fabrik zu realisieren. Verschiedentlich finden sich erste Ansätze und Überlegungen, Kundenbeziehungen digital basiert auszubauen und neue Serviceaktivitäten zu etablieren. Statistisch haben diese Betriebe einen Anteil, der – je nach Definition – zwischen einem reichlichen Drittel und knapp der Hälfte aller Betriebe liegt. Nach den vorliegenden Breitendaten sind diese Betriebe gleichermaßen in allen industriellen Branchen zu finden, wobei allerdings KMU überproportional vertreten sind (Lerch et al. 2017). Insgesamt lassen sich aus dem Untersuchungssample rd. 20 Unternehmen vornehmlich aus dem Logistikbereich, der Metallindustrie sowie der Prozessindustrie zuordnen.

Zum dritten *Nachzügler* oder *abwartende Unternehmen*: Diese Unternehmen sind zumeist sehr unsicher, welcher Weg der Digitalisierung sich zukünftig als vorteilhaft für sie erweisen wird. Darüber hinaus umfasst diese Kategorie auch an Digitalisierungsmaßnahmen desinteressierte und gegenüber der laufenden Debatte sehr skeptische Unternehmen. Zentrales Merkmal dieser Unternehmen ist, dass auch grundlegende Anwendungen digitaler Technologien wie Internetnutzung, ERP-Systeme oder vernetzte Steuerungssysteme häufig nur rudimentär anzutreffen sind. Verschiedentlich findet sich auch der Einsatz digitaler, freilich oftmals statischer Assistenzsysteme. Typische Beispiele für diese Situation sind oftmals wenig forschungs- und technologieintensive mittlere und kleinere Betriebe aus traditionellen Branchen wie der Metallindustrie, der Kunststoffherstellung oder der Ernährungsindustrie, die im Kontext traditioneller Prozesse zumeist relativ einfache Produkte herstellen und deren Automatisierungsgrad beschränkt ist. Oft handelt es sich auch um Einzel- und Kleinserienfertiger (Lerch et al. 2017). Es gelingt den fraglichen Betrieben oftmals, eine hinreichende Effizienz der Produktionsprozesse auf der Basis eines niedrigen Technologieniveaus zu erreichen. Ganz offensichtlich besteht kein nachhaltiger Innovationsdruck, vielmehr sind laufende Rationalisierungsmaßnahmen ausreichend, um Kosten- und Konkurrenzdruck zu bewältigen und den Absatz zu sichern (vgl. z. B. auch Abel et al. 2014; Hirsch-Kreinsen 2017). Folgt man den vorliegenden Breitendaten, so handelt es sich bei diesem Betriebstyp um bis zu einem Drittel aller Unternehmen. Die erwähnte Untersuchung des Fraunhofer ISI beziffert den Anteil dieser Betriebe auf rd. 23 Prozent aller Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes. Dabei dominieren vor allem kleine und mittlere Unternehmen. Nach diesen Daten setzen aktuelle 37 Prozent kleiner Betrieb mit weniger als 50 Beschäftigten keine digitalen Technologien ein (Lerch et al. 2017: 5f.). Aus unse-

rem Untersuchungssample lassen sich etwa 5 Betriebe dieser Kategorie der Nachzügler zuordnen.

Insgesamt, so lässt sich festhalten, implementieren die Unternehmen, wenn überhaupt, überwiegend Teillösungen im Produktionsbereich, während fortgeschrittene beispielsweise bereichs- bzw. unternehmensübergreifende Anwendungen überaus selten sind (BMW 2016: 19f.). Wie zudem unsere Betriebsuntersuchungen zeigen, weisen die konkreten Systemeinführungen in hohem Maße eine *technische Pfadabhängigkeit* auf. Denn mit den neuen Systemen werden in der Regel vorhandene IT-Lösungen fortgeschrieben und auf der Basis neuer Programme, verbesserten Vernetzungsmöglichkeiten, einer deutlich erhöhten Datenverfügbarkeit und leistungsfähigerer Hardware optimiert. Dies gilt insbesondere für die große Zahl jener Betriebe, die der Kategorie der Abwartenden bzw. der Follower zuzurechnen sind. Konkrete Beispiele hierfür sind seit langen Jahren bestehende Vernetzungen zwischen Planung und Shopfloor, sog. CAD/CAM-Systeme, die informationstechnisch ausgebaut werden; neue Assistenzsysteme werden mit bestehenden überbetrieblichen Planungssystemen, sog. ERP-Systemen vernetzt. Betriebe bauen systematisch die Datenerfassung und -nutzung in Produktion und Logistik durch Sensorsysteme und RFID-Trackingsysteme aus oder es wird generell die Datenintegration durch Cloudbasierte Lösungen vorangetrieben.

Schließlich ist festzuhalten, dass allen vorliegenden Daten zufolge bislang nur ein sehr kleiner Teil jener Betriebe die sich mit der Digitalisierung überhaupt noch nicht beschäftigt haben, Planungen in Richtung einer Digitalisierung verfolgt (z. B. Lerch et al. 2017). Die Schlussfolgerung aus all diesen Daten und Forschungsergebnissen liegt auf der Hand: disruptive Entwicklungen sind bislang im industriellen Sektor in Deutschland nicht erkennbar und auch nicht absehbar. Vielmehr ist eine schleichende, seit langer Zeit vorangetriebene Digitalisierung entlang der vorgezeichneten technischen Pfade das in den allermeisten Betrieben vorherrschende Phänomen (vgl. auch Minssen 2017).

#### **4. Strukturkonservativer Wandel von Arbeit**

Diesem vorherrschend inkrementellen Digitalisierungsschritte entspricht ein strukturkonservativer Wandel von Arbeit und die vorherrschenden Organisations- und Arbeitsstrukturen bleiben weitgehend erhalten. Allenfalls werden die gegebenen Arbeitsprozesse durch marginale Anpassungen der Arbeitsformen an die neuen Technologien im gegebenen Rahmen verändert und kontinuierlich rationalisiert. Diese Entwicklung lässt sich sowohl quantitativ als auch qualitativ-strukturell belegen.

#### **4.1 *Wenig eindeutige Substitutionseffekte***

Die möglichen quantitativen Substitutionseffekte der neuen Technologien werden vor allem im Kontext der pessimistischen Entwicklungsprognosen immer wieder betont. Indes lassen sich diese empirisch und methodisch kaum plausibel belegen (zusammenfassend z. B. Ittermann et al. 2016). Einerseits sprechen die meisten der vorliegenden Forschungsergebnisse dafür, dass selbst bei begrenztem Digitalisierungsniveau kurzfristig mit Freisetzungseffekten vor allem im Segment geringqualifizierter und standardisierter Tätigkeiten in Produktion und Logistik zu rechnen sei. Als Voraussetzung hierfür gilt, dass es sich dabei um Tätigkeiten handelt, die einen gut strukturierten und regel-orientierten Charakter aufweisen, daher in Algorithmen überführt und automatisiert werden können. Darüber hinaus nehmen viele Autoren aber auch eine mögliche Substitution qualifizierter (nicht-)routinierter Tätigkeiten und Berufe mit kreativen und sozial-interaktiven Aufgaben an. Dies betrifft nicht nur qualifizierte Tätigkeiten auf dem Shopfloor, sondern auch die indirekten Bereiche der Planung und Steuerung, die Verwaltung, die Produktentwicklung und das Management (stellvertretend z. B. Bauernhansel 2014; Bonin et al. 2015; Dengler/Matthes 2015; 2018; Frey/Osborne 2017).

Andererseits werden diese weitreichenden Prognosen über absehbar hohe Beschäftigungsverluste, von einer ganzen Reihe anderer Autoren zwar nicht völlig verworfen, aber doch deutlich relativiert. So wird betont, dass sich die Freisetzungsprognosen nur auf das Automatisierungspotential der neuen Technologien beziehen, die keineswegs mit Jobverlusten gleichgesetzt werdend dürften. Zwar würden durch die Technologien Tätigkeiten oftmals verändert, jedoch nicht unbedingt ersetzt, da auch neue Aufgaben entstünden (z. B. Autor 2015; Pfeiffer/Suphan 2018). Zudem wird, teilweise von denselben Autoren, argumentiert, dass durch Effizienzvorteile der neuen Technologien, neue Produkte, neue Märkte und neue Beschäftigungsmöglichkeiten eröffnet werden, die Jobverluste kompensieren (z. B. Evangelista et al. 2014; Autor 2015; Bonin et al. 2015). Denn man müsse sowohl unmittelbar negative Beschäftigungseffekte als auch mittelbar positive Effekte auf die Beschäftigung in Folge von Effizienzsteigerungen und Preissenkungen und dem Erschließen neuer Absatzmöglichkeiten sehen. Aus diesem Grund werden insbesondere auch im Kontext der deutschen Industrie 4.0 Debatte längerfristig sehr positive Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung erwartet. So wird beispielsweise ein Beschäftigungszuwachs in der Industrie von bis zu sechs Prozent für die nächsten zehn Jahre prognostiziert. Dieser basiere vor allem auf einem steigenden Bedarf an hochqualifizierten Industriearbeiten u. a. im Maschinenbau und der Automobilindustrie (Rüßmann et al. 2015; auch: Spath et al. 2013).

## 4.2 *Marginaler Wandel von Arbeitsstrukturen*

Auch in qualitativ-struktureller Hinsicht wird mit einem dynamischen und weitreichenden Wandel von Arbeit gerechnet. Verschiedentlich wird konstatiert, dass infolge der Digitalisierung weniger Substitutionseffekte als vielmehr ein deutlicher struktureller Wandel von Arbeitsformen, Tätigkeitsmuster und die Anforderungen an Qualifikationen und Kompetenzen stattfinden werde (z. B. Vogler-Ludwig et al. 2016; BMAS 2016; IZA 2017). Indes lässt sich auch diese Perspektive bislang kaum valide belegen, vielmehr werden allenfalls marginale Wandlungstendenzen erkennbar. Nach den bislang vorliegenden Befunden lassen diese vor allem auf zwei Faktoren zurückführen: Zum einen führen die skizzierten inkrementellen digitalen Prozessinnovationen zu einer *Optimierung der Arbeitsprozesse*, ohne dass sie nachhaltig verändert werden und zum zweiten bleiben vielfach *Übersetzungsleistungen zwischen der virtuellen und realen Prozessebene* auf der Basis gegebener Qualifikationen und Erfahrungen unverzichtbar.

### *Optimierung der Prozesse*

Eine Optimierung vorhandener Prozesse ohne weitere Strukturveränderungen findet sich vor allem bei vielen *Followerunternehmen* wie teilweise auch bei den erwähnten Nachzüglern. Prozessoptimierung findet in diesen Fällen beispielsweise durch die Einführung mobiler Datenendgeräte zur Verbesserung der Auftragssteuerung, ein Ausbau der Vernetzung zwischen indirekten Planungsbereichen und dem Shopfloor durch die Weiterentwicklung der CAD/CAM-Steuerung und damit einer Vermeidung von „Medienbrüchen“ oder durch die Einführung eines flexiblen fahrerlosen Transportsystems, das mit einem IT-gestützten System der Arbeitsvorgaben gekoppelt ist und damit den Prozess beschleunigt. Optimiert werden die Arbeitsprozesse auch insofern als beispielsweise die Arbeitsanweisungen eindeutiger und fehlerfreier werden, die Materialanlieferung störungsfreier oder die Steuerungsprogramme für die Maschinen passgenauer. Die Folgen für die Arbeitsabläufe sind geringere Störungen, reduzierter Entscheidungsbedarf der Beschäftigten und die Tendenz zur weiteren Standardisierung und Vereinfachung der Arbeitsabläufe. In keinem Fall jedoch sind Strukturbrüche in Hinblick auf Tätigkeitsumfang, Qualifikationsanforderungen oder auch Personalbesetzung erkennbar.

Als ein Beispiel für die Folgen einer Prozessoptimierung sei die Einführung mobiler Assistenzsysteme in Form von Tablets und Apple Watches in einem kleineren Betrieb der Metallindustrie angeführt. Die Tätigkeiten veränderten sich insofern, als die Produktionsbeschäftigten früher bei dem Logistiker anriefen, um die erforderlichen Teile geliefert zu erhalten. Das klappte aber nicht immer gut, weil der Logistiker mal in der Pause oder das Telefon besetzt war oder

er eine Bestellung vergaß. Jetzt hat der Logistiker eine Apple Watch bekommen und die Beschäftigten können ihre Bestellungen via iPad aufgeben. Der Logistiker hat dann alle Bestellungen in der richtigen Reihenfolge auf seiner Uhr. Sowohl die Beschäftigten als auch der Logistiker begrüßen die neue Lösung, weil sie Stress und Störungen deutlich reduziert hat.

Verdeutlicht werden kann eine marginale Weiterentwicklung von Arbeit auch am Beispiel eines kleineren Logistik-Unternehmens, das die Ersatzteillieferungen für einen Automobilendproduzenten organisiert. Als Pilotbereich wurde zunächst ein zentraler Bereich der Einzelhandel und Verpackung von Ersatzteilen ausgewählt. Die bisherigen Arbeitsprozesse waren dort vor allem durch eine unübersichtliche „Zettelwirtschaft“ geprägt. Die Neugestaltung sieht die Einführung eines digitalen Informationssystems in zwei Stufen vor. Zum einen werden die Gabelstaplerfahrer über an den Fahrzeugen montierten Industrie-PC's unterstützt. Dort werden die nächsten fünf bis zehn Aufträge angezeigt und müssen der Reihe nach einzeln quittiert und abgearbeitet werden. Erkennbar wird hier ein Einschnitt in die bisherigen Entscheidungsspielräume der Mitarbeiter auf den Gabelstaplern. Dabei kann die manuelle Auswahl bisher als Zugeständnis an die bisherige Praxis gesehen werden. Zukünftig sind durchaus starre Vorgaben möglich und denkbar. Zum anderen werden die Mitarbeiter an den einzelnen Packtischen zukünftig durch die dort installierten Tablets unterstützt. Sie können sich über diese elektronisch für einen Auftrag an- und abmelden und auch dort die jeweiligen Packanweisungen abfragen. Zudem wird über die Tablets auch eine Soll- und Ist-Zeit für den jeweiligen Auftrag angezeigt. Bei der Auslegung der grafischen Oberfläche wurde hier darauf Wert gelegt, dass diese einfach zu verstehen ist und nach kurzer Anlernzeit genutzt werden kann. Auch hier sind manuelle Eingriffe der Mitarbeiter möglich. Die Mitarbeiter an den Packtischen können sich so nach der Beendigung eines Auftrages für diesen abmelden und an einen neuen Packtisch wechseln, wo sie sich für den neuen Auftrag anmelden.

Etwas deutlichere Wandlungstendenzen lassen sich bei den wenigen im Untersuchungssample sich befindenden *Vorreiterunternehmen* erkennen. Der Wandel betrifft beispielsweise den Wegfall einzelner Arbeitsplätze durch Automatisierung, einen partiellen Neuzuschnitt von Tätigkeiten in Form eines Jobenrichments, bei dem wie etwa bei Montagetätigkeiten zusätzliche Aufgabe der Qualitätssicherung übernommen werden sowie ein Wandel des Qualifikationsniveaus.

Ein häufig anzutreffendes Beispiel für diese Entwicklung ist der Einsatz eines Manufacturing Execution Systems (MES). Ein solches System ermöglicht durch seine Vernetzung mit den Produktionsmitteln, in Echtzeit die Fertigungssteuerung an die sich wechselnden Gegebenheiten

ten anzupassen, so dass jederzeit die optimale Auslastung der Maschinen und Anlagen gewährleistet ist. Normalerweise findet die Fertigungssteuerung außerhalb der Werkstatt im Büro statt; dort laufen die Fäden zusammen, um eine bestmögliche Maschinenbelegung unter Wahrung von Teileverfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit oder Termintreue zu sichern. In einem mittelgroßen Zuliefererunternehmen aus der Metallbranche, das in Hinblick auf sein technologisches Niveau als Vorreiterunternehmen bezeichnet werden kann, wird bei der Einführung eines MES jedoch dieser klassischen Pfad verlassen und Funktionen der Fertigungssteuerung auf den Shopfloor verlagert. Die Grundüberlegung dabei ist, dass die Facharbeiter ihre Maschinen, die sie einrichten und auf denen sie fertigen, am besten kennen: „Die brauchen nur die Transparenz der Daten, damit sie endlich ihre Entscheidungen selbst treffen können.“ - so der interviewte Unternehmensleiter. In dem Pilotbereich der Systemeinführung arbeiten sowohl Zerspanungsmechaniker, teilweise mit Technikerabschluss, als auch einige wenige langjährig angelernte Beschäftigte mit einem großen Erfahrungshintergrund. Im Grundsatz macht jeder Beschäftigte im Pilotbereich alles, also sowohl Einrichten und Programmieren als auch Bedienen; Einschränkungen gibt es zum einen in Bezug auf das Rüsten – hier übernehmen die Angelernten nur Hilfseinrichteraufgaben – und zum anderen in der Einsatzflexibilität: Obwohl erklärtes Ziel der Geschäftsführung können nicht alle Beschäftigten alle Maschinen rüsten, programmieren und bedienen. Insgesamt handelt es sich um sehr gut qualifizierte, erfahrene Beschäftigte, die in einem definierten Rahmen schon länger, eher informell Feinplanungsaufgaben übernehmen, indem sie etwa die Reihenfolge der Aufträge – in Absprache mit dem Vorgesetzten – verändern können, um beispielsweise Rüstzeiten zu minimieren (vgl. hierzu ausführlich Abel 2018).

Ein weiteres Beispiel für einen schrittweisen Wandel der Arbeit ist die Einführung eines hochautomatisierten und vernetzten Logistiksystems in einem der untersuchten Vorreiterunternehmen aus der Metallindustrie, das automatisch Anforderungen aus Kundenaufträgen ermittelt und mit der Produktion, dem Warenlagern und der Endmontage abgleicht. Im Zentrum stehen automatische fahrende Transportbehälter und über eine Simulationssoftware lassen sich Produktionsabläufe computergestützt steuern und überblicken. Einerseits durch dieses System Rüsttätigkeiten umfassend automatisiert worden, andererseits aber sind menschliche Problemlösekompetenzen weiterhin unverzichtbar. Nach den Angaben des Betriebsrats haben sich dadurch an den verbleibenden Tätigkeiten allenfalls wenige Veränderungen ergeben. Es seien in der Produktion nach wie vor Facharbeiter und insbesondere langjährig Angelernte erforderlich. Auch gebe es keine Veränderungen in Hinblick auf einen gestiegenen Bedarf an neuen Ausbildungs- und Weiterbildungsformaten. Zugenommen hat allenfalls der Umgang mit digita-

len Schnittstellengeräten wie Infopaneln und Handhelds. Das Anforderungsprofil an die Einrichter habe sich allerdings in Richtung kommunikative Kompetenzen verschoben.

Insgesamt können diese arbeitsstrukturellen Trends mit Rückgriff auf Analysekategorien einer Studie des BIBB (Helmrich et al. 2016: 50ff.) auch als *Updating von Arbeit* gefasst werden. Bezeichnet wird damit ein Wandlungsmuster, wonach Betriebe den Einsatz von Arbeitskräften sowie die Entwicklung von Qualifikationen und Kompetenzen im Zuge der Digitalisierung proportional zu den existierenden Beschäftigungsformen ausbauen, ohne dass sich die Arbeitsstrukturen substantiell verändern.

### *Unverzichtbare Übersetzungsleistungen*

Der beschriebene strukturkonservative Wandel von Arbeit lässt sich zudem auf ein widersprüchliches Phänomen zurückführen, das gerade auch beim Einsatz moderner digitaler Systeme von hoher funktionaler Relevanz ist. Es handelt sich um die Notwendigkeit einer mehr oder weniger laufenden Abstimmung zwischen den digital formalisierten virtuellen Prozessabbildern und daraus resultierenden Arbeitsvorgaben einerseits und den häufig nicht endgültig kalkulier- und beherrschbaren realen physischen und sozialen Prozessabläufen andererseits. Wie die sozialwissenschaftlichen Forschung schon früher gezeigt hat (z. B. Funken/Schulz-Schaeffer 2008), funktionieren viele Automatisierungsprozesse nur dann, wenn Mitarbeiter alltäglich Kreativität und Improvisationsvermögen aufwenden, um mit den Tücken und Störungen der Automatisierung umzugehen (z. B. Heidenreich et al. 2009; Büchner et al. 2017).

Voraussetzung hierfür sind das vorhandene Fachwissen, die akkumulierten Erfahrungen und die Motivation der Beschäftigten sich im laufenden Prozess mit neuen technologischen Anforderungen auseinanderzusetzen. Ein interviewter Experte formulierte diese Situation deutlich, der Mitarbeiter wisse immer „tausendmal besser“ als sein Chef, wie ein Prozess wirklich funktioniert. Es liegt daher auch aus diesen Gründen ein weitgehender der eingespielten Formen des Personaleinsatzes, der Qualifikationsstruktur und der Arbeitsorganisation nahe, um unnötige Risiken beim Einsatz der neuen Technologien zu vermeiden. So bleiben im Fall der oben beschriebenen Einführung einer digitalisierten Steuerung der Logistikprozesse eines kleineren Logistik-Unternehmens Handlungsspielräume sowohl für die Gabelstaplerfahrer als auch für das Verpackungspersonal weitgehend erhalten, damit sie die Reihenfolge der Aufträge variieren und ihren Arbeitsplatz wechseln können. Als Grund hierfür wird auf die bisherige Praxis verwiesen, die aus der Sicht der Mitarbeiter wie aber auch der betrieblichen Vorgesetzten sich bewährt habe und die man, um Störungen und ungeplante Flexibilitätsanforderungen bewältigen zu können, erhalten wolle.

Eine ähnliche Situation zeigt sich im Fall eines technologieintensiven Vorreiterbetriebs aus der Investitionsgüterbranche, der durch ein elaboriertes Werkstattinformationssystem eine „papierlose“ Fertigung realisieren will. Allerdings konnte bislang dieses Ziel nur bedingt erreicht werden. Denn zum offensichtlichen Ärger des Betriebsleiters nutzen die Montagegruppen der Endmontage wie bisher Papierdokumente wie etwa große Zeichnungen, um den Prozess zu bewältigen. Als Grund hierfür wurde angegeben, dass Kommunikations- und Abstimmungsnotwendigkeiten etwa bei kurzfristigen Konstruktionsänderungen innerhalb der Gruppe aber auch mit indirekten Bereichen wie der Konstruktion auf der Basis der Papierdokumente wie in der Vergangenheit problemlos zu bewältigen sei. In Hinblick auf Nutzbarkeit eines in diesem Betrieb gleichfalls neu eingeführten Steuerungssystem meinte ein Werkstattvorgesetzter, dass man im Zweifel wie früher besser den Kranfahrer fragen solle, wenn man wissen wolle, wo genau sich ein Teil in der Fertigung gerade befinde.

Insbesondere erfordern die vielfach notwendigen Übersetzungsleistungen Erfahrungswissen der Beschäftigten, das bis heute kaum vollständig durch Digitalisierung erfasst und abgebildet werden kann. Bezeichnet wird damit das grundlegende, aus der Wissenstheorie bekannte Problem, dass viele Tätigkeiten auf einem impliziten Verständnis ihrer Erfordernisse beruhen und die Methoden und Regeln ihrer Ausführung oftmals nur begrenzt oder überhaupt nicht explizierbar sind (z. B. Amin/Cohendet 2004; Autor 2015). Konkret wird dabei auf Tätigkeitselemente verwiesen, die ein hohes Maß an Flexibilität, Urteilsvermögen, sozialer Interaktion und Kommunikation sowie eben auch akkumulierter Erfahrung über bestimmte Abläufe aufweisen. Diese Tätigkeitselemente finden sich vor allem in kognitiv-intellektuellen Jobs, die ein hohes Maß an Kreativität, Problemlösungsfähigkeit und Intuition aufweisen. Ein instruktives Beispiel hierfür schilderte der Produktionsleiter eines Geräteherstellers am Fall der Blechumformung. Danach war ein Umformprozess mit Hilfe eines Simulationssystems ausgestaltet und optimiert worden. Im laufenden Prozess jedoch riss beim errechneten Umformprozess das Material mit großer Regelmäßigkeit. Zunächst war niemand der beteiligten Techniker in der Lage, die Störungsursache zu identifizieren. Erst nach einer langwierigen Störanalyse konnte festgestellt werden, dass das Umformwerkzeug eine zu starke Krümmung aufwies und das verwendete Material daher riss. Diese Fehlerdiagnose war aber nur möglich, weil man einen erfahrenen Umformtechniker zu Rate zog, der sich nicht auf die Simulationsdaten verließ, sondern auf der Basis seines Erfahrungswissens, gleichsam durch „Hand auflegen“, die Ursache identifizierte. Ähnliche Situationen lassen sich im Kontext der Einführung avancierter Systeme vorausschauender Instandhaltung beobachten. Einerseits werden kontinuierlich sehr exakte Vorgaben für Instandhaltungsarbeiten etwa auf der Basis kontinuierlich erfasster Anlagendaten erstellt. Andererseits aber sind in vielen Fällen nach wie vor zusätzliche erfahrungs-

basierte Interpretationsleistungen qualifizierter Instandhalter unverzichtbar, um die tatsächliche Anlagensituation für ihre Arbeiten richtig einschätzen zu können.

Erfahrungswissen spielt aber auch nach wie vor in Bereichen einfacher manueller Tätigkeiten eine zentrale Rolle, wo situative Anpassungsfähigkeit und flexibles Handeln, soziale Interaktion, körperliche Geschicklichkeit und Fingerspitzengefühl gefordert sind. Ein solches Beispiel hierfür findet sich in einem der Fallstudienbetriebe, in dem Sitzmöbel hergestellt werden. Die textilen Sitzflächen der Stühle werden in dem Betrieb genäht und die unterschiedlichsten Stoffe entsprechend zugeschnitten. Der wiederholte Versuch, diese von angelernten Frauen ausgeführte manuelle Tätigkeit durch Roboter zu ersetzen, scheiterte bislang. Nach Auskunft des Geschäftsführers waren die Hauptgründe hierfür, dass die Näherinnen flexibler als die Maschinen arbeiteten und die Materialzuschnitte sparsamer optimierten. Zudem bringen sie das für die gewünschte Qualität der Arbeit das erforderliche Materialgefühl für die oftmals feinen Unterschiede der Stoffe mit, über das eine Maschine nicht verfüge. Ganz offensichtlich handelt es sich dabei um Arbeitsprozesse, deren Anforderungen an Optimierung, Qualität und Flexibilität bis heute nur manuell erbracht werden können. Ein prominenter Unternehmensvertreter bringt diese Situation mit der Formulierung auf den Punkt: „Künstliche Intelligenz näht auch in zehn Jahren nicht.“ (FAZ 2017).

Insgesamt zeigt sich, dass einerseits bisherige Arbeitspraktiken von den Beschäftigten genutzt werden, um Optimierungsdefizite zu beseitigen und Prozessstörungen zu bewältigen. Andererseits ist aber auch zu vermuten, dass die neuen digitalen Technologien Ansatzpunkte für neue Formen eigensinnigen sozialen Handelns bzw. eine Neukombination von eingespielten Praktiken und neuen technologiebedingten informellen Handlungsmöglichkeiten eröffnen. Greift man eine prominente organisationssoziologische Formel auf, so entstehen daher in Arbeitsprozessen auch beim Einsatz neuer Technologien stets neue „Zonen der Ungewissheit“, die Gegenstand arbeitspolitischer Auseinandersetzungen werden können. Digitalisierte Arbeitsprozesse werden damit einmal mehr zu Arenen von informellen Auseinandersetzungen um die „richtige“ Nutzung, die Interpretation der Daten und die Entscheidungen im Arbeitsprozess. Die Folge ist in jedem Fall ein widersprüchlicher und nur sehr zögerlicher Wandel der Arbeitsstrukturen.

## 5. Rahmenbedingungen

Das skizzierte Bild entspricht keinesfalls den vielfach behaupteten und erwarteten disruptiven Wandel von Betriebs- und Arbeitsstrukturen. Dass dies der Fall ist, überrascht aus der Sicht der sozialwissenschaftlichen Technikforschung überhaupt nicht, sprechen doch neben empirischen auch grundlegende konzeptionelle Argumente gegen diese Sichtweise.

So zeigen sowohl die sozialwissenschaftliche Innovationsforschung als auch die industriesoziologische Technikforschung instruktiv, dass die Entwicklung und die Diffusion neuer Technologien alles andere als bruchlos und widerspruchsfrei verlaufen und daher ihre sozialen Effekte kaum eindeutig aus den von Entwicklern angestrebten Anwendungspotentialen neuer Technologien ableitbar sind. Seit langer Zeit betonen evolutionstheoretische Ansätze der Innovationsforschung (z. B. Nelson/Winter 1977), dass Innovationen zwar stets zielgerichtet und dynamisch verlaufen, ihr Verlauf zugleich jedoch risikoreich und ihr Ausgang ungewiss ist. Entscheidend für die sich jeweils einspielenden Verlaufsmuster von Innovationen und die dadurch angestoßenen strukturellen Veränderungen sind danach zum einen die Erarbeitung und Variation technologisch möglicher Entwicklungspotentiale, zum anderen ihre Selektion im Lichte von Anwendungserfordernissen und Vermarktungschancen neuer Technologien.

Mit anderen Worten, übersehen werden bei den weitreichenden Prognosen des sozialen Wandels durch digitale Technologien, die in der Regel technologische Entwicklung und Verbreitung bremsenden sozialen Strukturen. Dieser Zusammenhang lässt sich konzeptionell verdeutlichen, wenn man *Schumpeters* begriffliche Differenzierung von Innovationen aufgreift. Danach umfasst ein Innovationsprozess vier Stufen: Invention, Innovation, Diffusion und Implementation bzw. Imitation (Schumpeter 2013). Der aktuelle Digitalisierungsdiskurs fokussiert sich zumeist die Phasen Invention und Erfindung und Innovation, d. h. der Entwicklung einer Erfindung zu einem marktgängigen Produkt. Entscheidend für die Form der Nutzung neuer Technologien und den Wandel von Arbeit ist jedoch die Frage, wie der *Diffusions- und Implementationsprozess* neuer Technologien und ihre Anpassung an die je gegebenen sozialen und ökonomischen Realitäten verläuft und welche Konsequenzen sich aus diesem Prozess ergeben (vgl. zusammenfassend Rogers 2003). Es sind nicht die technologischen Eigenschaften einer Innovation die soziale und ökonomische Auswirkungen erzeugen. Vielmehr „... the really interesting aspect of new technologies is whether they prompt investors, companies, labor, and markets to change, or whether these factors and organizations of production resist the absorption of new technologies.“ (Erixon/Weigel 2016: 13). Mikrosoziologisch formuliert, die neuen Technologien müssen stets an die jeweiligen Bedingungen der gegebenen sozio-

technischen Arbeitssituation adaptiert werden. Dabei müssen sich die verschiedensten betrieblichen Akteure in verschiedensten Aushandlungsprozessen über die je konkrete Systemauslegung, die Praxis seiner Anwendung und den damit einhergehenden Wandel von Arbeitsnormen verständigen. Stets geht es dabei auch um alternative Systemauslegungen und oft um nicht endgültig geklärte Fragen der Wirtschaftlichkeit. Erst am Ende u. U. langwieriger Aushandlungsprozesse wird eine neue Technologie praktisch angewendet und gewinnt Akzeptanz bei allen Beteiligten. Anders formuliert, der Weg zu einer „Technology-in-Practice“ ist langwierig, unter Umständen konfliktär und steht in enger Wechselwirkung mit den je gegebenen strukturellen Rahmenbedingungen (Orlikowski 2000). Die hierfür relevanten strukturellen Rahmenbedingungen im Folgenden diskutiert werden.

### **5.1 Betriebs- und prozessstrukturelle Faktoren**

Wie schon deutlich wurde, stellen betriebs- und prozessstrukturelle Faktoren entscheidende Einflussfaktoren für mögliche Barrieren gegen eine schnelle und weitreichende Diffusion digitaler Technologien und damit einhergehender disruptiver sozialer Veränderungen dar. Zu betonen ist hier zunächst der Einfluss unterschiedlicher Betriebsgrößen auf die Verbreitung digitaler Technologien und es bestätigt sich der seit jeher bekannte Befund, dass die Implementation von neuen Technologien generell betriebsgrößenabhängig (z. B. Widmaier 2000). Die Gründe liegen in den betriebsgrößenabhängig sehr unterschiedlichen Ressourcen und Kompetenzstrukturen. Insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen dürften auf Grund ihrer knappen Ressourcen noch auf lange Sicht mit der Einführung digitaler Technologien überfordert sein. So verweisen eine ganze Reihe von Untersuchungen auf fehlendes technologisches Know-how bei der Masse der Unternehmen (z. B. Agiplan 2015: 80ff.). Daher überrascht es auch nicht, dass die Komplexität des Themas, Sicherheitsbedenken und Zweifel an der Leistungsfähigkeit der IT-Infrastruktur als zentrale Hürden angesehen werden, mit denen sich Unternehmen bei der Umsetzung von Industrie 4.0 konfrontiert sehen (Wischmann et al. 2015: 33). Damit werden die zentralen Gründe des oben skizzierten sehr differenzierten und bislang begrenzten Diffusionsgrad digitaler Technologien bezeichnet.

Ein zusätzlicher Faktor, der die Verbreitung der neuen Technologien und einen damit zusammenhängenden Wandel von Arbeit nachhaltig einschränkt, sind Zeitdruck und konkurrenzbedingte Kurzfristorientierung. Diese Situation drängt Betriebe vielfach dazu, gegebene Prozessstrukturen nur schrittweise zu optimieren, statt längerfristig ausgerichtete und risikoreiche Innovationsstrategien zu verfolgen. Anders formuliert, in der einschlägigen Digitalisierungsdiskussion wird vielfach übersehen, dass Unternehmen konkurrenzbedingt nicht nur einem Druck

auf Innovation ihrer Prozesse und Produkte zur Verbesserung ihrer Kostenstrukturen und Marktposition unterliegen, sondern auch dem Druck, die je erreichte Situation zu optimieren und zu sichern sowie kostenträchtige Risiken zu vermeiden. Eine systematisch geplante Einführung digitaler Technologien ist unter diesen Bedingungen vermutlich oft nur in Ausnahmesituationen möglich.

### *Steigende technologische Komplexität*

Zudem sind in Hinblick auf strukturelle Bedingungen die je gegebenen Möglichkeiten der Standardisier- und Beschreibbarkeit von verschiedenen Funktionen und Bereichen und der, produktionstechnisch gesprochen, der Seriengröße der jeweiligen Produktion ein wichtiger Einflussfaktor für die Reichweite der Systemauslegung. Je nach der gegebenen Prozessstruktur ergeben sich unterschiedliche Einsatzbereiche und Anwendungsmöglichkeiten digitalisierter Systeme. Es wird daher, wie Experten betonen, auf absehbare Zeit keine umfassend sich selbstorganisierende Fabrik Industrie 4.0 geben. Vielmehr werden technologische „Autonomie und Selbstorganisation ... zunächst nur möglich sein für Teilsysteme der Fabriken, deren Verhalten und Abhängigkeiten geschlossen beschreibbar und informationstechnisch nachvollziehbar sind.“ (Spath et al. 2013: 120).

Verstärkt wird dieses Problem der Standardisierbarkeit von Prozessen durch eine generell wachsende *Komplexität moderner Produktionsprozesse*, die durch die Entwicklung neuer und aufwendiger Produkte und vor allem auch eine steigende Flexibilität der Märkte und der entsprechenden Absatzstrategien der Unternehmen hervorgerufen wird. Experten verweisen hier darauf, dass die Anforderungen an die Produktions- und Lieferzeiten sowie die Individualität der Produkte ständig steigen und die Produktions- und Logistikketten immer aufwendiger und ausdifferenzierter werden. Die Komplexität erhöhe sich vor allem auf Grund einer schnell steigenden Variantenvielfalt. Im Kontext von Industrie 4.0 wird diese Entwicklung unter dem Stichwort Losgröße 1 diskutiert. „Die Folge ist ein superexponentielles Wachstum der Komplexität.“ (ten Hompel 2017: 39) Für den Wandel von Arbeit bedeutet dies, dass der Einsatz von Informationstechnologien in vielen Fällen darauf zielt, die wachsende Prozesskomplexität durch fortschreitende Formalisierung aufzufangen und zu bewältigen.

Das Resultat dieser Situation ist der weitgehende Erhalt der eingespielten Arbeitsstrukturen. Indem eine steigende Produkt- und Prozesskomplexität durch neue digitale Steuerungs- und Informationssysteme quasi neutralisiert wird, ist es Betrieben beispielsweise möglich, weiterhin einfache Tätigkeiten mit gering qualifiziertem Personal zu stabilisieren und aufwendige Qualifizierungsprozesse zu vermeiden. Ein Fallbeispiel hierfür ist der Einsatz eines „pick by

light“- Systems in der Materialversorgung und Logistik eines Haushaltsgeräteherstellers. Nach Auskunft des Betriebsleiters wird dadurch die wachsende Informations- und Datenflut auf Grund der schnell steigenden Variantenvielfalt aufgefangen. Arbeitsorganisatorisch entspannt dies die Situation, da die bisherigen Arbeits- und Personalstrukturen mit vornehmlich gering qualifiziertem Personal beibehalten und optimiert werden könnten. Ein anderes Beispiel hierfür ist eine Montagelinie bei einem Möbelhersteller, wo gering qualifiziertes Personal eingesetzt wird. Durch ein neues Transport- und Steuerungssystem wurden hier Reorganisations- und Qualifizierungsmaßnahmen vermieden, die in Folge von Produktinnovationen bei dem bisherigen Technologieniveau erforderlich gewesen wären.

## **5.2 Ungewisse ökonomische Effekte**

### *Unklare Rentabilitätsaussichten*

In Hinblick auf mögliche Konsequenzen und Perspektiven der Digitalisierung sind zudem strukturell-ökonomische Barrieren der Diffusion digitaler Technologien in Rechnung zu stellen. So muss die Digitalisierung von Arbeitsprozessen als sehr widersprüchlich in Hinblick auf ihre tatsächlich erreichbaren Rationalisierungseffekte und damit auch auf die damit verbundenen Jobverluste interpretiert werden. Einerseits werden den digitalen Technologien ganz erhebliche ökonomische Wachstumseffekte zugeschrieben (z. B. Bauer et al. 2014; Rüßmann et al. 2015). Begründet werden diese erwarteten Effekte unter anderem mit umfassenden Möglichkeiten der Flexibilitätssteigerung, neuen datenbasierten Geschäftsmodellen, die neue Absatzmarktsegmente erschließen sowie mit Kosteneinsparung, wobei vielfach auch auf die hohen betrieblichen Einsparpotentiale von Personal und Personalkosten verwiesen wird (z. B. Agiplan 2015).

Andererseits werden diese ökonomischen Perspektiven jedoch angezweifelt. So verweisen Experten darauf, dass die Einsparpotentiale der digitalen Technologien mit traditionellen Wirtschaftlichkeitsrechnungen nicht erfasst werden können, der tatsächliche „Reifegrad“ der Systeme unklar sei und daher die Skepsis gegenüber Industrie 4.0 genährt würde. Weiterhin wird auf die – in der laufenden Diskussion nicht systematisch thematisierten - hohen Investitions- und Implementationskosten der neuen Systeme und letztlich unklare Rentabilitätsaussichten hingewiesen (Agiplan 2015, S. 133). Es ist davon auszugehen, dass viele Unternehmen, insbesondere im KMU-Bereich, das meist negativ bewertete Verhältnis zwischen dem hohen prognostizierten Investitionsbedarf und dem daraus resultierenden Umsatzwachstum zögern lässt. Sowohl kurzfristig als auch mittelfristig werden von den Unternehmen durchschnittlich

höhere Investitionskosten als Umsatzsteigerungen durch Industrie 4.0 erwartet (Wischmann et al. 2015: 8/20). Schließlich wird in vielen Betrieben immer wieder auf die unklaren Folgeinvestitionen hingewiesen, die notwendig seien, um die Systeme wirklich zum Laufen zu bringen. Nach Ansicht von Betriebsexperten könnten die Potentiale von Industrie 4.0-Systemen nur dann wirklich ausgeschöpft werden, wenn auch systematisch „Investitionen in die Umgebung“ eines neuen Systems getätigt würden. Allerdings seien diese oft nur schwer ex ante kalkulierbar. So stoppte einer der untersuchten Betriebe die geplante Einführung eines Werkstattinformationssystems, da ungeplante Zusatzkosten einer technisch notwendigen Vernetzung mit einem übergeordneten Planungssystem unvermeidbar schienen. Die bisherige auf der Basis von Stücklisten „händisch“ organisierte Werkstattsteuerung wird daher vom Management als die kostengünstigere Lösung angesehen und weiterhin betrieben.

### *„Sunk Costs“*

Weitreichende technisch-organisatorische Innovationen werden darüber hinaus oftmals von gegebenen Strukturen gebremst, da diese stets die „Sunk Costs“ vergangener Innovationen und Investments repräsentieren (Erixon/Weigel 2016: 127). Sie sind einerseits schwer zu erfassen, andererseits drängen sie faktisch auf Amortisation und beschränken die Spielräume zukünftige Prozessinnovationen. Auch ist vermutlich vielfach die Situation anzutreffen, dass in ohnehin schon hochautomatisierten seit langer Zeit digitalisierten Produktionsbereichen wie in der Prozessindustrie weitere Digitalisierungsschritte teuer und aufwendig sind, aber nur mehr einen geringen Grenznutzen abwerfen, so dass auf sie verzichtet wird.

Ohne Frage sind Betriebe, auch gerade traditionelle KMU oftmals in der Situation, dass obsoletere Technologien schon seit langer Zeit ersetzt werden müssten, jedoch verzichten sie aus dem genannten Grund darauf und führen neue technologische Systeme allenfalls schrittweise ein. Nicht zuletzt aus diesem Grund betont die Innovationsforschung, dass im Unterschied zu radikalen Innovationen inkrementelle Innovationen das vorherrschende und ökonomisch relevante Innovationsmuster seien (z. B. Rogers 2003). Weitreichende betriebliche Strukturveränderungen verbinden sich damit allerdings nicht. Nicht zufällig verweisen daher im Kontext der Industrie 4.0 Diskussion kritische Experten darauf, dass diese Vision von einer großen Zahl von Unternehmen deshalb skeptisch angesehen werde, da die Unternehmen oftmals mit einem Maschinenpark operieren, der mehrere Jahrzehnte alt sei. Dieser werde in vielen Fällen durchaus noch effizient und verlässlich genutzt und angesichts eines begrenzten Investitionsbudgets sei es kaum sinnvoll, diese durch moderne Technologien kurzfristig zu ersetzen. Zudem müsse man sehen, dass in standardisierten personalintensiven Prozessen wie etwa der

Logistik die Lohnkosten niedrig seien, so dass neue Investitionen sich oftmals nicht lohnen. Insgesamt sprechen diese Faktoren dafür, dass auch in Zeiten einer unterstellten forcierten und disruptiven Digitalisierung von der Arbeitssoziologie früher oft diagnostizierte Prozesse „schleichender Rationalisierung“ (*Horst Kern*) nach wie vor an der Tagesordnung sind.

### *Mäßige Investitionsrate*

In diesem Kontext ist vor allem auch die in jüngerer Zeit nur mäßige Entwicklung der gesamtwirtschaftlichen Investitionsrate zu sehen, die von sehr zurückhaltenden Innovations- und Investitionsprozessen zeugt und keinesfalls die optimistischen Visionen über die ökonomischen Effekte einer vierten industriellen Revolution stützt. Denn bislang ist nicht erkennbar, dass das „Zukunftsthema Industrie 4.0“ die Investitionen in Deutschland beschleunigt (Marx 2018). Unstrittig ist, dass die Ausrüstungsinvestitionen in Deutschland seit vielen Jahren kaum wachsen, verschiedentlich sogar von einer „Investitionslücke“ die Rede ist (z. B. Heise et al. 2015). Selbst wenn man Messprobleme bei Investitionen in moderne Informationstechnologien berücksichtigt, ändert sich dieser Befund nicht substantiell. Zudem weisen einzelbetriebliche Analysen daraufhin, dass für digitale Technologien verfügbares Finanzierungsbudget in den allermeisten mittleren und kleineren Unternehmen als „überschaubar gering“ anzusehen sei. Es werde auch in den kommenden Jahren auch nur wenig ansteigen (Agiplan et al. 2015: 133).

Als ein wesentlicher Grund für diese Zurückhaltung bei Investitionen kann die seit langer Zeit verbreitete Orientierung vieler Unternehmen an kurzfristigen Profitzielen angesehen werden, die langfristige strategische Ziele wie die Steigerung der Innovationsfähigkeit und die Suche nach neuen Geschäftsfeldern konterkarieren. Verfügbares Kapital wird danach weniger für Investitionen in digitalen Technologien als für die kurzfristige Steigerung des Unternehmenswertes, Dividendenzahlungen oder auch für Unternehmensaufkäufe genutzt (Erixon/Weigel 2016: 35ff.). Angesprochen werden damit Einflussfaktoren auf Unternehmensstrategien, die in der soziologischen Theoriedebatte seit längerem mit der Kategorie der *Finanzialisierung* zusammengefasst werden. Danach dringt mit Zielsetzungen wie die Optimierung des Shareholder-Value und kurzfristiger Renditeerwartungen die Logik des Finanzmarktes in unternehmerische Strategieplanungen ein. Die Folge sei, dass die Fokussierung auf die Renditeerwartungen von Anlegern notwendige mittel- bis langfristige Planungen vernachlässigt, worunter vor allem auch die Planung und Realisierung von Innovationen zu leiden habe (z. B. Tylecote/Visintin 2008). Obgleich diese These im Einzelnen durchaus umstritten ist (Hirsch-Kreinsen/Hahn

2017), verweist sie auf nicht zu vernachlässigende strukturelle Restriktionen, die disruptiven digitalen Innovationen entgegenstehen.

### *„Produktivitätsparadox“*

Freilich deuten auch makroökonomische Indikatoren auf einen eher verhaltenen Strukturwandel hin. Dies belegt insbesondere die gesamtwirtschaftliche Produktivitätsentwicklung. Makroökonomisch wird schon seit Ende der 1980er Jahre die These vom „Produktivitätsparadox“ moderner Informationstechnologien diskutiert (z. B. Piller 1998). Danach kommt es trotz eines zunehmenden Einsatzes von Informationstechnologien nicht zu einer steigenden Produktivität, einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit und insgesamt einer erhöhten Rentabilität von Unternehmen. Aktuellen Daten zu Folge hat sich diese Situation vor allem in den letzten Jahren nicht grundlegend geändert. So wird an Hand von US-Daten gezeigt, dass insbesondere die IT-Sektoren wie auch Wirtschaftssektoren mit besonders intensiver Nutzung von Informationstechnologien von sehr mäßigen Produktivitätszuwächsen gekennzeichnet sind. Der Economist formuliert daher „Technology isn’t working“ und ergänzt: „The digital revolution has yet to fulfill its promises of higher productivity and better jobs“ (Avent 2014). Ohne an dieser Stelle auf die komplizierten Abgrenzungs- und Messprobleme des Produktivitätswachstums genauer eingehen zu können, lässt sich aber festhalten, dass die Produktivitätsentwicklung der deutsche Volkswirtschaft ähnlich mäßige Wachstumsraten aufweist, ja es wird vom „Sinkflug“ der Produktivitätsentwicklung in den letzten beiden Jahrzehnten gesprochen (Eichert/Frisse 2016: 5).

Eine verbreitete Erklärung für diese zögerliche Produktivitätsentwicklung ist der Hinweis auf hemmende Faktoren wie etwa Einführungsprobleme der neuen Techniken, fehlende Erfahrungen und sehr zögerliche organisatorische Veränderungen. Diese würden allerdings über kurz oder lang überwunden und weitreichende Strukturveränderungen würden sich durchsetzen, so dass sich die Produktivitätspotentiale der digitalen Technologien entfalten könnten (Brynjolfsson/McAfee 2014: 99f.). Dies lässt sich durchaus historisch begründen, denn viele Innovationen wie die Dampfmaschine oder die Glühbirne haben stets eine längere Zeit benötigt, bevor sie messbare Effekte zeigten. Eine andere Erklärung verweist im Gegensatz dazu allerdings darauf, dass der gegenwärtige technologische Wandel doch nicht so groß sei, wie viele annehmen und daher auch in Zukunft kaum deutlich steigende ökonomische Effekte nach sich ziehen werde. Behauptet wird sogar, dass sich die kapitalistischen Gesellschaften nicht in einer Phase disruptiven Wandels, sondern in einer Phase säkularer Stagnation befänden, deren Ende nicht absehbar sei (z. B. Cowen 2011; Labelle 2015; Gordon 2016).

## 6. Fazit: Unverzichtbare historische Bezüge

Absehbar ist daher kaum mit dem erwarteten disruptiven Wandel von Arbeit zu rechnen. Die immer wieder vorgebrachten technioptimistischen Erwartungen wie aber auch die vielfältigen pessimistischen Prognosen sind daher deutlich zu relativieren. So ist zwar mit Jobverlusten zu rechnen, jedoch ist deren Reichweite umstritten und es ist von längerfristigen Kompensationsmechanismen auszugehen. Ähnlich offen ist die längerfristige Entwicklung von Tätigkeiten und Qualifikationen, die derzeit zumeist pfadabhängig verläuft. Diese Pfadabhängigkeit wird, wie gezeigt, infolge der mit der schrittweisen Einführung der digitalen Technologien realisierten kontinuierlichen Prozessoptimierung und positiven Rückkopplungseffekte stabilisiert. Insofern stehen vermutlich bei der Masse der Betriebe Richtungsabweichungen der Arbeitsentwicklung derzeit überhaupt nicht zur Debatte.

Dieser Befund ist im Grunde nicht überraschend, wenn man die gegenwärtige Digitalisierungsdebatte mit früheren Debatten über die die sozialen Konsequenzen neuer Technologien verknüpft. Denn zur Einschätzung der gegenwärtigen Situation und Perspektive von Arbeit wären historische Bezüge nicht nur klärend, sondern auch relativierend. Solche Bezüge werden aber gegenwärtig so gut wie nicht hergestellt. In früheren Technologiediskursen wurde ähnlich wie heute mit singulären und unübergehbaren technologischen Schüben argumentiert und vor allem immer wieder weitreichende und unvermeidbare Folgen behauptet. Indes zeigte sich aber stets, dass es sich dabei um völlig überzogene Fehlannahmen und falsche Prognosen handelte. Würde man sie aktuell aufgreifen, könnte die Parallelitäten und auch Besonderheit der aktuellen Situation realistischer als bislang eingeschätzt werden. Zudem kann mangelndes Geschichtswissen unter Umständen teuer werden. Denn, wer Technologiepropheten blindlings glaubt, gibt schnell Geld für nutzlose Technologien aus, um sich gegen unerwünschte Szenarien zu wappnen (Hirschi 2017).

So wurden in der gesellschaftspolitischen Debatte schon Mitte der 1960er Jahre weitreichende, vor allem negative soziale Konsequenzen der damaligen Automatisierungstechnologien diskutiert und es wurden sowohl negative Beschäftigungseffekte als auch weitreichende Dequalifizierungstrends erwartet: Die Technik sei bestrebt, so Formulierungen damals, „...die irrende und kostspielige menschliche Arbeitskraft aus dem Produktionsprozess auszuschalten...“ und es „...schwinden die Anforderungen an die berufliche Qualifikation zumindest im Fertigungsbereich durchweg dahin.“ (Der Spiegel 1964: 40). Ende der 1970er Jahre wurde diese negative Prognose noch zugespitzt mit der Formulierung „Uns steht eine Katastrophe bevor“, die vor allem durch die damalige am Anfang stehende Einführung von mikropro-

zessorgesteuerten Technologien in der industriellen Produktion verursacht werde (Der Spiegel 1978: 80).

Allerdings hat die einschlägige sozialwissenschaftliche Forschung diese Perspektiven schon damals als völlig überzogen verworfen. So konnte Mitte der 1980er Jahre *Joachim Bergmann* in einem Resümee der damaligen deutschen arbeitssoziologischen Forschung zum Thema Technik und Arbeit und dem Einsatz mikroelektronischer Technologien kaum weitreichende Veränderungen von Arbeit erkennen: „Es gelang offensichtlich, die neuen Technologien in die gegebenen arbeitsorganisatorischen Strukturen einzubauen; dramatische Veränderungen fanden nicht statt...“ (Bergmann 1986: 118). Ähnliches belegen die Befunde von Analysen, die sich Ende der 1980er und Anfang der 1990er Jahre mit der damals beginnenden Vernetzung von Produktionssystemen befassten, die unter dem Label Computer Integrated Manufacturing figurierten. Es wurde gezeigt, dass Betriebe sehr zurückhaltend auf diese neue technologische Perspektive reagierten und einzelne Vernetzungskomponenten arbeitsorganisatorisch mehrheitlich in einer Weise genutzt wurde, die keineswegs einen Wandel der Arbeitsorganisation und des Personaleinsatzes nach sich zogen (z. B. Hirsch-Kreinsen et al. 1990). Schließlich belegen die Autoren einer Zusammenfassung internationaler Analysen über die Beschäftigungseffekte neuer Technologien, dass es nicht nur schwierig sei, digitalen Technologien Beschäftigungseffekte kausal zuzurechnen, sondern diese auch nur wenig eindeutige quantitative Effekte nach sich zögen. Ein Grund hierfür liege in der weiten Verbreitung und ihrer Nutzung in vielen strukturell unterschiedlichen Bereichen. Zudem müsse man von längerfristigen Kompensationseffekten kurzfristig durch auftretenden Beschäftigungsverlusten infolge etwa von Effizienzsteigerungen, Preissenkungen und dem Erschließen neuer Absatzmöglichkeiten sehen (Evangelista et al. 2014). Abschließend und zugespitzt lässt sich daher mit den Digitalisierungskritikern Erixon und Weigel festhalten: „An automation blitz never occurred.“ (Erixon/Weigel 2017: 184)

## Literatur

- Abel, J. 2018: Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, Düsseldorf
- Abel, J./Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P. 2014: Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung und Perspektiven, Berlin
- Agiplan, Fraunhofer IML, Zenit 2015: Erschließen der Potentiale von Industrie 4.0 im Mittelstand, Studie im Auftrag des BMWI, Dortmund
- Albers, M. 2017: Digitale Erschöpfung, München

- Amin, A., Cohendet, P. 2004: Architectures of Knowledge, Oxford
- Andriopoulos, C./Lewis, M. W. 2009: Exploitation-Exploration Tensions and Organizational Ambidexterity: Managing Paradoxes of Innovation In: Organization Science, Jg. 20 (2009), H. 4, S. 696 – 717
- Autor D. 2015: Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. In: Journal of Economic Perspectives, Jg. 29 (2015), H. 3, S. 3 – 30
- Arntz, M./Gregory, Terry/Lehmer, Florian/Matthes, Britta/Zierahn, Ulrich 2016: Arbeitswelt 4.0 - Stand der Digitalisierung in Deutschland. IAB Kurzbericht 22/2016
- Avent, R. 2014: The third great wave. In: The Economist, Oct. 4<sup>th</sup> 2014, Special Report The World Economy
- Bauer, W. et al. 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potential für Deutschland. Stuttgart
- Bauernhansel, T. 2014: Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansel, T./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden, S. 5 – 36
- Bergmann, J. 1987: Technik und Arbeit. In: Lutz, B. (Hg.): Technik und sozialer Wandel: Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986, Frankfurt am Main, S. 114 – 134
- Betancourt, M. 2015: The Critique of Digital Capitalism, New York
- Beyer, J. 2005: Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit! Wider den impliziten Konservatismus eines gängigen Konzepts. In: ZfS, Jg. 34 (2005), H. 1, S. 5 – 21
- BMAS 2017: Weissbuch Arbeiten 4.0, Berlin
- BMW 2016: Monitoring Report Wirtschaft DIGITAL 2016, Berlin
- Bonin, H./Gregory, T./Zierahn, U. (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, ZEW
- Brynjolfsson, E./McAfee, A. 2014: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, Norton
- Brzeski, C.; Burk, I.; Franke, S. 2016: Alles nur eine Farce? Niedriges Produktivitätswachstum in Zeiten größter digitaler Revolutionen. INGDiBa Economic Research, 28. November 2016
- Büchner, S./Kühl, S./Muster, J. 2017: Digitalisierung zähmt keine Menschen. In: FAZ, 03.07.2017
- Cowen, T. 2011: The Great Stagnation. New York
- Dengler K., Matthes B. 2015: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB Forschungsbericht 11/2015, Nürnberg
- Dengler K./Matthes B. 2018: Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt. IAB-Kurzbericht 4/2018, Nürnberg

- Der Spiegel 1964: Einzug der Roboter. Hamburg, 14/1964, S. 30 – 48
- Der Spiegel 1978: Uns steht eine Katastrophe bevor. Hamburg 16/1978, S. 80 – 100
- Eichert, W./Frisse, K. 2016: Produktivitätswachstum in Deutschland. BDI Berlin Internet: [https://english.bdi.eu/media/user\\_upload/20161104\\_Industriepolitik\\_Dossier\\_Produktivitaetswachstum\\_in\\_Deutschland.pdf](https://english.bdi.eu/media/user_upload/20161104_Industriepolitik_Dossier_Produktivitaetswachstum_in_Deutschland.pdf); (Zugriff: 11.10.2017)
- Erixon, F./Weigel, B. 2016: The Innovation Illusion, New Haven and London
- Evangelista, R. et al. 2014: The economic impact of digital technologies in Europe. In: Economics of Innovation and New Technology. Jg. 23 (2014), S. 802 ff.
- FAZ (Frankfurter Allgemeine Zeitung) 2017: Künstliche Intelligenz nährt auch in zehn Jahren nicht, 12.09.2017
- Frey, C. B./Osborne, M. A. 2017: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? In: Technological Forecasting & Social Change, Jg. 114 (2017), H. 1, S. 254 – 280
- Funken, C./Schulz-Schaeffer, I. (Hg.) 2008: Digitalisierung der Arbeitswelt: Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen, Wiesbaden
- Göcking, J. et al. 2017: Industrie 4.0 in der Nahrungsmittelindustrie. HBS Working Paper. 38/2017, Düsseldorf
- Gordon, R. J. 2016: The Rise and Fall of American Growth, Princeton and Oxford
- Heidenreich, M. et al. 2009: Die organisatorische Einbettung von Informationstechnologien in einem globalen Entwicklungsprojekt. In: Funken, C./Schulz-Schaeffer, I. (Hg.) 2008: Digitalisierung der Arbeitswelt: Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen. Wiesbaden, S. 193 – 220
- Heise, M.: et al. 2015: Die Produktivitätsschwäche der Industrieländer: Erklärungsansätze und Handlungsbedarf. Internet: [https://www.allianz.com/v\\_1448379099000/media/economic\\_research/publications/working\\_papers/de/Produktivitaet20151124d.pdf](https://www.allianz.com/v_1448379099000/media/economic_research/publications/working_papers/de/Produktivitaet20151124d.pdf) (zuletzt: 20.10.2017)
- Helmrich, R. et al. 2016: Digitalisierung der Arbeitslandschaften. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 180, BIBB, Bonn
- Hirsch-Kreinsen, H. 2017: Digitalisierung industrieller Einfacharbeit. In: Arbeit, Jg. 26 (2017), H. 1, S. 7 – 32
- Hirsch-Kreinsen, H./Schultz-Wild, R./Köhler, C./Behr, M. von 1990: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion: alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau. Frankfurt am Main/New York
- Hirsch-Kreinsen, H./Hahn, K. 2017: Innovationen und Finanzmarkt. In: Faust, M./ Kädtler, J./Wolf, H. (Hg.): Finanzmarktkapitalismus? Frankfurt/New York, S. 333 – 360
- Hirsch-Kreinsen H./Ittermann P./Niehaus J. (Hg.) 2018: Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 2. aktualis. und überarb. Aufl. Baden-Baden

- Hirschi, C. 2017: Die Automatisierung der Angst. In: FAZ, 26. Mai 2017 S. 9
- Icks, A. et al. 2017: Digitalisierungsprozesse von KMU im Verarbeitenden Gewerbe. IfM-Materialien 255
- Ittermann, P./Niehaus, J./Hirsch-Kreinsen, H./Dregger, J./ten Hompel, M. 2016: Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 47, Dortmund
- IZA (Institut zur Zukunft der Arbeit) 2017: Berichterstattung zum strukturellen Wandel der Arbeitswelt, BMAS Berlin
- Jeschke, S. 2017: Künstliche Intelligenz und ihre gesellschaftlichen Implikationen. In: G.I.B. Info 2/17, Bottrop, S. 30 – 37
- Kagermann, H. 2014: Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl, Th./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Wiesbaden, S. 603 – 614
- Kleinhempel, K./Satzler, A./Steinberger, V. 2015: Industrie 4.0 im Aufbruch? Hans-Böckler-Stiftung Mitbestimmungsförderung Nr.5, Düsseldorf
- Kuhlmann, M. 2017: Arbeitsfolgen der Digitalisierung. Präsentation beim 1. Ergebnisworkshop des HBS-Forschungsverbundes „Digitalisierung im Betrieb“, 13. Dez. 2017, Düsseldorf
- Labelle, A. 2015: The new normal: Low rates in advanced economies for the long run, TD Economics Special Report, February 24<sup>th</sup>, S. 1 – 7
- Leimeister, J. M./Zogaj, S. 2013: Neue Arbeitsorganisation durch Crowdsourcing. Eine Literaturstudie. Arbeitspapier der Hans-Böckler-Stiftung, Reihe Arbeit und Soziales, Nr. 287 (Juli 2013). Düsseldorf
- Lerch, C./Jäger, A./Malorca, S. 2017: Wie digital ist Deutschlands Industrie wirklich? Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Modernisierung der Produktion, Ausgabe 71, Karlsruhe
- Marx, U. 2018: Rätsel Deutschland. In: FAZ, 9. Januar (2018), S. 15
- Mason, P. 2015: PostCapitalism. A Guide to Our Future, London
- Minssen, H. 2017: Industrie 4.0. Ein Strukturbruch? In: Hoose, F./Beckmann, F./ Schönauer, A.-L. (Hg.): Fortsetzung folgt – Kontinuität und Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft, Wiesbaden, S. 117 – 135
- Nelson, R. R./Winter, S. G. 1977: In Search of Useful Theory of Innovation. In: Research Policy, H. 6, S. 36 – 76
- Orlikowski, Wanda J.: Using Technology and Constituting Structures: A Practice Lens for Studying Technology in Organizations. In: Organization Science Jg. 11(2000), H. 4, S. 404 – 428
- Pfeiffer, S./Suphan, A. 2018: Industrie 4.0 und Erfahrung – Das unterschätzte Innovations- und Gestaltungspotenzial der Beschäftigten im Maschinen- und Automobilbau. In: Hirsch-Kreinsen H./Ittermann P./Niehaus J. (Hg.) 2018: Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. 2. aktualis. und überarb. Aufl. Baden-Baden, S. 275 – 302

- Piller F. T. 1998: Das Produktivitätsparadoxon der Informationstechnologie. In: WIST, Jg. 27 (1998), H. 5, S. 257 – 262
- Rifkin, J. 2011: The Third Industrial Revolution. How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World, Basingstoke
- Rogers, E. M. 2003: Diffusion of Innovations. 5<sup>th</sup> Ed., New York
- Rüßmann, M. et al. 2015: Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries BCG (Boston Consulting Group). Internet: [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/) (Zugriff: 05.05.2015)
- Saam, M./Steffen, S./Schiel, S. 2016: Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen, ZEW Mannheim
- Schirmmayer, F (Hg.) 2015: Technologischer Totalitarismus, Frankfurt
- Schmidt, F. A. 2017: Arbeitsmärkte in der Plattformökonomie, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn
- Schumpeter, J. A. 2013: Capitalism, Socialism, Democracy. Routledge
- Spath, D./Ganschar, O./Gerlach, S./Hämmerle, M./Krause, T./Schlund, S. (Hg.) 2013: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart
- Staab, P. 2016: Falsche Versprechen. Wachstum im digitalen Kapitalismus, Hamburg
- ten Hompel, M. 2017: Kompetenzbedarf bei der Datenauswertung, im Prozessmanagement und in der IT-Sicherheit. In: G.I.B. Info 2/17, Bottrop, S. 38 – 43
- The Economist 2017: Who's afraid of disruption? Sept. 30, 2017
- Tylecote, Andrew/Visintin, Francesca 2008: Corporate Governance, Finance and the Technological Advantage of Nations, London
- Urchs, O./Cole, T. 2013: Digitale Aufklärung, München
- Vogler-Ludwig, K./Düll, N./Kriechel, B. 2016: Arbeitsmarkt 2030 Wirtschaft und Arbeitsmarkt im digitalen Zeitalter – Prognose 2016. Unter Mitarbeit von Vetter, T. München
- Wienzek, T. 2018: Typologie Industrie 4.0. In: Wagner, R. (Hg.): Industrie 4.0 in der Praxis umsetzen - eine Orientierung für mittelständische Unternehmen, Wiesbaden (im Erscheinen)
- Wischmann et al. 2015: Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, Berlin
- Widmaier, U. (Hg.) 2000: Der deutsche Maschinenbau in den neunziger Jahren, Kontinuität und Wandel einer Branche, Frankfurt am Main
- Zuboff, S. 2010: Creating value in the age of distributed capitalism. McKinsey Quarterly, September 2010. Internet: [mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/creating-value-in-the-age-of-distributed-capitalism](http://mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/creating-value-in-the-age-of-distributed-capitalism) (Zugriff: 11.05.2017)

## Seit 2009 erschienene Soziologische Arbeitspapiere

Früher erschienene Arbeitspapiere sind auf der folgenden Website zu finden:

[http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz\\_arbeitspapiere/index.html](http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz_arbeitspapiere/index.html)

- 24/2009 Jörg Abel/Hartmut Hirsch-Kreinsen/Peter Ittermann  
Einfacharbeit in der Industrie. Status quo und Entwicklungsperspektiven  
(Mai 2009)
- 25/2009 Robin D. Fink  
Attributionsprozesse in hybriden Systemen. Experimentelle Untersuchung des Zusammenspiels von Mensch und autonomer Technik  
(Juli 2009)
- 26/2009 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Innovative Arbeitspolitik im Maschinenbau?  
(September 2009)
- 27/2010 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Technological Innovation and Finance  
(Oktober 2010)
- 28/2010 Robin D. Fink/Tobias Liboschik  
Bots – Nicht-menschliche Mitglieder der Wikipedia-Gemeinschaft  
(Dezember 2010)
- 29/2011 Jörg Abel/Peter Ittermann/Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Einfacharbeit in der Ernährungsindustrie  
(Februar 2011)
- 30/2012 Jörg Abel/Peter Ittermann/Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Einfacharbeit in der Gummi- und Kunststoffindustrie  
(Januar 2012)
- 31/2012 Peter Ittermann/Jörg Abel/Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Einfacharbeit in der Metallbearbeitung – Anforderungen und Perspektiven  
(Februar 2012)
- 32/2013 Jörg Abel/Peter Ittermann/Marlies Steffen  
Wandel von Industriearbeit. Herausforderung und Folgen neuer Produktionssysteme in der Industrie  
(März 2013)
- 33/2013 Fabian Lücke/Johannes Weyer/Robin D. Fink  
Steuerung komplexer Systeme – Ergebnisse einer soziologischen Simulationsstudie  
(April 2013)
- 34/2013 Marco Hellmann/Sarah Rempe/Jan Schlüter  
Die Katastrophe der Deepwater Horizon – Eine Ursachenforschung im Kontext der Theorie der High Reliability Organizations  
(November 2013)

- 35/2013 Johannes Weyer  
Experimentelle Soziologie - Der Beitrag der Computersimulation zur Weiterentwicklung der soziologischen Theorie  
(November 2013)
- 36/2013 Johannes Weyer/Fabian Adelt/Robin D. Fink  
Steuerung komplexer Systeme - Ein Mehrebenen-Modell von Governance  
(November 2011)
- 37/2013 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Wie viel akademische Bildung brauchen wir zukünftig? Ein Beitrag zur Akademisierungsdiskussion  
(November 2013)
- 38/2014 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“  
(Januar 2014)
- 39/2014 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Financialization of Innovation – the Case of the German Industrial Innovation System  
(August 2014)
- 40/2014 Katrin Hahn  
Innovationsfinanzierung im Spannungsfeld von Risiko und Unsicherheit: Bremsen die gegenwärtigen Finanzmarktbedingungen unternehmerische Innovationen?  
(Oktober 2014)
- 41/2015 Daniel Ruppel  
Hindernisse und Herausforderungen bei der Implementierung von Ganzheitlichen Produktionssystemen  
(Januar 2015)
- 42/2015 Johannes Weyer/Fabian Adelt/Sebastian Hoffmann  
Governance of complex systems -A multi-level model  
(Juni 2015)
- 43/2015 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Digitalisierung von Arbeit: Folgen, Grenzen und Perspektiven  
(Oktober 2015)
- 44/2015 Johannes Weyer/Fabian Adelt/Sebastian Hoffmann  
Achieving Sustainable Mobility  
(November 2015)
- 45/2015 Johannes Weyer  
Can Pilots Still Fly – Role Distribution and Hybrid Interaction in advanced automated Aircraft  
(November 2015)

- 46/2016 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Industrie 4.0 als Technologieversprechen  
Juni 2016
- 47/2016 Peter Ittermann, Jonathan Niehaus, Hartmut Hirsch-Kreinsen, Johannes Dregger, Michael ten Hompel  
Social Manufacturing and Logistics  
Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik  
(Oktober 2016)
- 48/2016 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
"Industry 4.0 as Promising" Technology: Emergence, Semantics and Ambivalent Character  
(Oktober 2016)
- 49/2017 Schulz, Maximilian; Wilkesmann, Maximiliane  
Einstellung und Bewertung betrieblicher Interessenvertretung von außertariflich und leitenden Angestellten – Studienergebnisse der Führungskräftebefragung in der chemisch-pharmazeutischen Industrie  
(April 2017)
- 50/2017 Ittermann, Peter; Eisenmann, Martin  
Hybride Dienstleistungen und Wandel der Arbeit – Herausforderungen und Perspektiven in der Logistik  
(November 2017)
- 51/2017 Wilkesmann, Maximiliane; Lachmann, Maik; Rüscher, Stephanie  
Kirchliche Krankenhäuser im strategischen Wandel  
Studienergebnisse zur Strategieauswahl und -implementierung in christlichen Krankenhäusern  
(November 2017)