

April 2015

# WISO

# Diskurs

Experten und Dokumentationen  
zur Wirtschafts- und Sozialpolitik

## Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0



**FRIEDRICH  
EBERT**   
**STIFTUNG**



Expertise im Auftrag der Abteilung Wirtschafts- und  
Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung

---

# **Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0**

Daniel Buhr

## Inhaltsverzeichnis

---

Abbildungsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
Vorwort	5
1. Einleitung	6
2. Analyse	8
2.1 Was ist die Industrie 4.0?	8
2.2 Auswirkungen auf Unternehmen und Branchen	10
2.3 Industrie 4.0 und die Folgen für die Arbeitswelt	14
Auswirkungen auf der Makroebene: Der Arbeitsmarkt	15
Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation in den Betrieben	16
2.4 Wo wir heute stehen	17
3. Zehn Thesen zur Innovationspolitik für die Industrie 4.0	18
These 1: Wer Industrie 4.0 will, muss Systeme fördern.	18
These 2: Wer Industrie 4.0 will, muss die „Hightech-Obsession“ kritisch hinterfragen.	19
These 3: Wer Industrie 4.0 will, muss auf sozialen Fortschritt setzen.	19
These 4: Wer Industrie 4.0 will, sollte sie vor allem als eine soziale Innovation begreifen.	20
These 5: Wer Industrie 4.0 will, sollte das „Modell Deutschland“ (koordinierte Marktwirtschaft) stärken.	20
These 6: Wer Technologie fördert, muss an die Menschen denken.	21
These 7: Wer Industrie 4.0 will, sollte auf Europa bauen.	21
These 8: Wer Industrie 4.0 will, muss auf Datenschutz und Datensicherheit setzen.	22
These 9: Wer Großes (Industrie 4.0) will, muss vor allem an die Kleinen denken.	22
These 10: Wer systemische Innovationen will, sollte Koordination fördern.	23
4. Fazit	24
5. Literatur	26
Der Autor	28

Diese Expertise wird von der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung veröffentlicht. Die Ausführungen und Schlussfolgerungen sind von dem Autor in eigener Verantwortung vorgenommen worden.

Impressum: © Friedrich-Ebert-Stiftung | Herausgeber: Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung | Godesberger Allee 149 | 53175 Bonn | Fax 0228 883 9205 | [www.fes.de/wiso](http://www.fes.de/wiso) | Gestaltung: [pellens.de](http://pellens.de) | Fotos: Fotolia | Druck: bub Bonner Universitäts-Buchdruckerei | ISBN: 978-3-95861-123-8 |

Eine gewerbliche Nutzung der von der FES herausgegebenen Medien ist ohne schriftliche Zustimmung durch die FES nicht gestattet.

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1: Anwendungsszenarien (Use Cases) für die Industrie 4.0	8
Abbildung 2: Industrielle Revolution eins bis vier	9
Abbildung 3: Treiber der Industrie 4.0 – und ihre Folgen	10
Abbildung 4: Wachstumschancen durch Industrie 4.0	12
Abbildung 5: Betriebswirtschaftlicher Erfolg und Digitalisierungsgrad nach Branchen	13
Abbildung 6: Typische Anwendungsfälle von Mensch-Maschine-Interaktionen	14
Abbildung 7: Qualifikationsanforderungen in der Industrie 4.0	15
Abbildung 8: Polariserte versus Schwarm-Organisation	16
Abbildung 9: Gestaltung von Mensch-Maschine-Interaktionen	17

## Abkürzungsverzeichnis

---

CPS	Cyber-Physical System (cyber-physisches System)
FuE	Forschung und Entwicklung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IP	Internet Protocol (Netzwerkprotokoll, die Grundlage des Internets; es ermöglicht, Computer in größeren Netzwerken zu adressieren und ihnen IP-Pakete zu senden)
IT	Informationstechnik
QR-Codes	Quick-Response-Code (Methode, Informationen so aufzuschreiben, dass diese besonders schnell maschinell gefunden und eingelesen werden können)
MTO-Ansatz	Ganzheitliche Betriebsanalyse unter Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation
RFID	Radio-Frequency Identification (Identifizierung mithilfe elektromagnetischer Wellen)
TK	Telekommunikationstechnik

## Vorwort

---

Der Begriff „Industrie 4.0“ wurde 2011 von der Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft in die öffentliche Debatte eingeführt. Er beschreibt die Digitalisierung der industriellen Produktion. Das Konzept umreißt die Vision einer Smart Factory, die von der umfassenden Vernetzung aller Produktionsteile und -prozesse geprägt ist: Die virtuelle Steuerung in Echtzeit, der zunehmende Einsatz von Robotern und sich selbst steuernden Arbeitseinheiten sollen zur Produktivitätssteigerung durch Ressourceneffizienz beitragen. Dieser Wandel findet bereits statt, und der Begriff „Industrie 4.0“ prägt mittlerweile den Digitalisierungsdiskurs in Deutschland.

Konvergenz von Produktion und Interaktion, von Arbeit und Kommunikation sind zunehmend interdisziplinäre Kompetenzen, um wirtschaftlich wettbewerbsfähig zu bleiben. Neben dem Fachwissen werden Flexibilität, Kreativität und Innovationsfähigkeit zu den entscheidenden Erfolgsfaktoren für Unternehmen und deren Mitarbeiter\_innen. Diese Fähigkeiten entstehen jedoch nicht alleine in Firmen und Betrieben. Industrie 4.0 braucht Unterstützung durch eine entsprechende Innovationspolitik. Das aber ist nicht allein Aufgabe des Staats. Genauso wie staatliche Akteure müssen die Stakeholder aus

Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft ein systemisches Verständnis von Innovation entwickeln, um den Digitalisierungsprozess in den Betrieben umfassend gestalten zu können.

Die durch Vernetzung und den Einsatz von Daten getriebenen Veränderungen betreffen weit mehr als nur die Industrieproduktion. In Teilen stellen sie grundsätzliche Elemente der Arbeits- und Produktionswelt infrage. Sie betreffen unsere Wirtschaftsstrukturen und unser gesellschaftliches Zusammenleben als Ganzes.

Wir befinden uns am Anfang einer grundlegenden Debatte, die derzeit noch mehr Fragen als Antworten liefert. Aus diesem Grund hat die Friedrich-Ebert-Stiftung in einer Reihe von Fachgesprächen über die Auswirkungen der Industrie 4.0 diskutiert. Die Ergebnisse möchten wir Ihnen mit der vorliegenden Studie präsentieren, die von Prof. Dr. Daniel Buhr von der Eberhard Karls Universität Tübingen verfasst wurde. Seine zentrale Aussage lautet: Nur wenn Industrie 4.0 nicht allein als technische, sondern auch als soziale Innovation verstanden und definiert wird, können Antworten auf die tiefgreifenden Umbrüche formuliert werden.

Wir wünschen eine anregende Lektüre!

*Hans Eichel*

Bundesminister a. D.,  
Sprecher des Arbeitskreises Nachhaltige  
Strukturpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung

*Dr. Philipp Fink*

Abteilung Wirtschafts- und  
Sozialpolitik der  
Friedrich-Ebert-Stiftung

*Patrick Rüther*

Managerkreis  
der Friedrich-Ebert-Stiftung

## 1. Einleitung<sup>1</sup>

---

Noch ist die Industrie 4.0 mehr Vision denn Realität. Doch schon heute zeichnet sich ab, dass sie eingebettet ist in eine Entwicklung, die nicht nur unsere Art des Wirtschaftens, sondern auch unser gesellschaftliches Zusammenleben enorm verändern wird.

Die Digitalisierung schreitet weiter voran und mit ihr übernehmen Maschinen immer mehr Tätigkeiten – in den Produktionshallen von Detroit und Bochum ebenso wie in China, Vietnam und Bangladesch. Menschen entwickeln aber auch Maschinen, und sie arbeiten nach wie vor mit ihnen. Folglich bedeutet der Abstieg traditioneller Produktionsweisen und Produktionsfaktoren zugleich auch den Aufstieg der Innovationen. Neue Organisationsweisen, neue Produkte, neue Dienstleistungen, neue Absatzwege und Geschäftsmodelle sind gefragt.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen stellen sich gerade für die Politik zentrale Fragen:

- Wie lässt sich die Entwicklung solcher neuen Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle fördern?
- Und wie können wir sicherstellen, dass von diesen Entwicklungen nicht nur ein kleiner Teil der Gesellschaft profitiert, sondern möglichst viele?

Der Wettlauf um die besten Ideen in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft hat bereits begonnen. Doch bisher wird er vor allem technisch geführt. Das ist ein Fehler. Denn wer die Chancen der wachsenden Digitalisierung nutzen will, muss ihr gesamtgesellschaftliches Potenzial erkennen. Gerade im „Second Machine Age“ (Brynjolfsson et

al. 2014) kommt den Menschen eine zentrale Rolle zu – als Entwickler, Gestalter und Koproduzent. Daher gilt es, neben den technischen Innovationen eben auch die sozialen Innovationen stärker in den Blick zu nehmen. Soziale Innovationen sind einerseits neue Praktiken zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen, die von betroffenen Personen, Gruppen und Organisationen angenommen und genutzt werden. Andererseits helfen sie aber auch vielen technischen Entwicklungen bei der Diffusion und Verbreitung.

Das gilt in besonderem Maße für die Industrie 4.0. Die Vision: Menschen, Dinge, Prozesse, Dienste und Daten – alles wird vernetzt. Durch das Internet getrieben, verschmelzen reale und virtuelle Welt. Intelligente Objekte, ausgestattet mit Aktoren und Sensoren, mit QR-Codes und RFID-Chips, steuern sich selbst durch die Smart Factory und darüber hinaus entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktentwicklung bis zum Service. Die Produktion wird dadurch dezentral, sie wird flexibler und schneller. Künftig könnten so alle relevanten Informationen allen relevanten Menschen und Maschinen in Echtzeit zur Verfügung stehen – auch den Kund\_innen und Geschäftspartner\_innen. Individuellste Kundenwünsche lassen sich dann im Dialog erfüllen. Die Vision der Losgröße 1<sup>2</sup> in der industriellen (Großserien-)Fertigung wird zur Wirklichkeit. Damit einhergehen Effizienzgewinne und Produktivitätssteigerungen, weil die Ressourcen zielgenauer eingesetzt werden können.

Es lässt sich also nicht nur smarter, sondern auch nachhaltiger produzieren. Schon sprechen

---

1 Der Autor möchte sich beim Team der Friedrich-Ebert-Stiftung, Dr. Philipp Fink und Patrick Rütter, sowie bei Heinrich Tiemann, Staatssekretär a. D., und Dagmar Bornemann, Vorstandsmitglied des Managerkreises der Friedrich-Ebert-Stiftung, für ihre wertvollen Hinweise bedanken.

2 Losgröße ist ein fertigungstechnischer Begriff. Er gibt die Menge einer Charge, Sorte oder Serie an, die hintereinander ohne Umschaltung oder Unterbrechung der Fertigung hergestellt wird.

viele von der „vierten industriellen Revolution“, denn die wachsende Digitalisierung setzt zum einen traditionell erfolgreiche Geschäftsmodelle unter Druck und erlaubt zum anderen völlig neue. So stecken in diesen Entwicklungen jede Menge Chancen, aber auch viele Risiken und Herausforderungen für die Wirtschaft ebenso wie für die Gesellschaft – beispielsweise die wachsende Entgrenzung der Arbeit oder ungelöste Fragen bei Datenschutz und Datensicherheit, aber eben auch das Wegfallen bestimmter Tätigkeiten sowie das Entstehen neuer Qualifikationsanforderungen und Aufgaben.

Die vorliegende Studie möchte zunächst diese Chancen und Herausforderungen benennen, um sich dann einer zentralen Frage zu widmen: Was kann die Politik tun, um den Wandel zur Industrie 4.0 zu unterstützen? Die Antwort auf

diese Frage wird anhand von zehn Thesen entfaltet, die sich durch die Analyse existierender Studien, aber auch durch die Auswertung einer Fachgesprächsreihe ergeben haben, welche die Friedrich-Ebert-Stiftung zur Industrie 4.0 veranstaltet hat. Hier traf sich an insgesamt vier Terminen im Jahr 2014 ein Kreis von rund 50 Teilnehmer\_innen, um im Dialog wichtige Aspekte der Industrie 4.0 zu erörtern. Die Reihe orientierte sich dabei an vier zentralen Fragen, die auch für die vorliegende Studie leitend sind:

- Was ist die Industrie 4.0?
- Welche Auswirkungen hat sie auf bestimmte Branchen und Unternehmen?
- Was bedeutet das für die Arbeitswelt?
- Welche Anforderungen stellt die Industrie 4.0 an Technik, Forschung – und Politik?

## 2. Analyse

### 2.1 Was ist die Industrie 4.0?

Industrie 4.0 ist die Vision einer wachsenden Digitalisierung der Produktion. Das Konzept beschreibt, wie das sogenannte Internet der Dinge, Daten und Dienste künftig Produktions-, Logistik- und Arbeitsprozesse verändern wird (Acatech 2014). In diesem Zusammenhang sprechen Vertreter\_innen der Industrie auch gern von der vierten industriellen Revolution. Sie skizzieren damit eine neue Stufe der Organisation und

Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette, die sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen orientiert. Dabei erstreckt sich die Wertschöpfungskette über den kompletten Lebenszyklus von Produkten hinweg: von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen. Eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsszenarien ist denkbar (Abbildung 1).

Abbildung 1:

#### Anwendungsszenarien (Use Cases) für die Industrie 4.0

**Use Case 1: Resiliente Fabrik (Quelle: Festo)** Resilienz bedeutet hier Widerstandsfähigkeit, aber auch Agilität, Adaptivität, Redundanz, Dezentralität und Lernfähigkeit. In einer resilienten Fabrik muss ein breites Produktspektrum mit kundenspezifischen Merkmalen bei hochgradig saisonaler Nachfrage produziert werden. Durch eine situative Anpassung der Produktionslinien wird eine Just in time-Produktion bei optimaler Kapazitätsauslastung erreicht.

**Use Case 2: Technologiedaten Marktplatz (Quelle: TRUMPF)** Auf einer Lasermaschine sollen Kundenteile aus beigestellten Blechtafeln produziert werden. Die auf der Maschine verfügbaren Technologiedaten liefern jedoch keine brauchbare Qualität. Für eine klassische Schneidatenoptimierung steht weder Material noch Zeit zur Verfügung. Durch Zugriff auf internes und externes Technologie-Know-how wird der Auftrag in der erwarteten Qualität termingerecht abgewickelt.

**Use Case 3: Intelligentes Instandhaltungsmanagement (Quelle: wbk)** Die indirekten Kosten ungeplanter Maschinenstillstände können die direkten Kosten einer Wartung oder Reparatur beträchtlich übersteigen. Mit antizipierenden Instandhaltungskonzepten lassen sich für die Betreiber die Folgekosten ungeplanter Stillstände deutlich reduzieren.

**Use Case 4: Vernetzte Produktion (Quelle: iwv)** Megatrends wie die Individualisierung von Produkten führen gemeinsam mit einem turbulenten Marktgeschehen zu komplexen Produktionsabläufen. Angesichts dieser Randbedingungen müssen organisatorische Verluste durch adäquate Planung und Steuerung der Produktion vermieden werden, um die Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen in Deutschland weiter auszubauen.

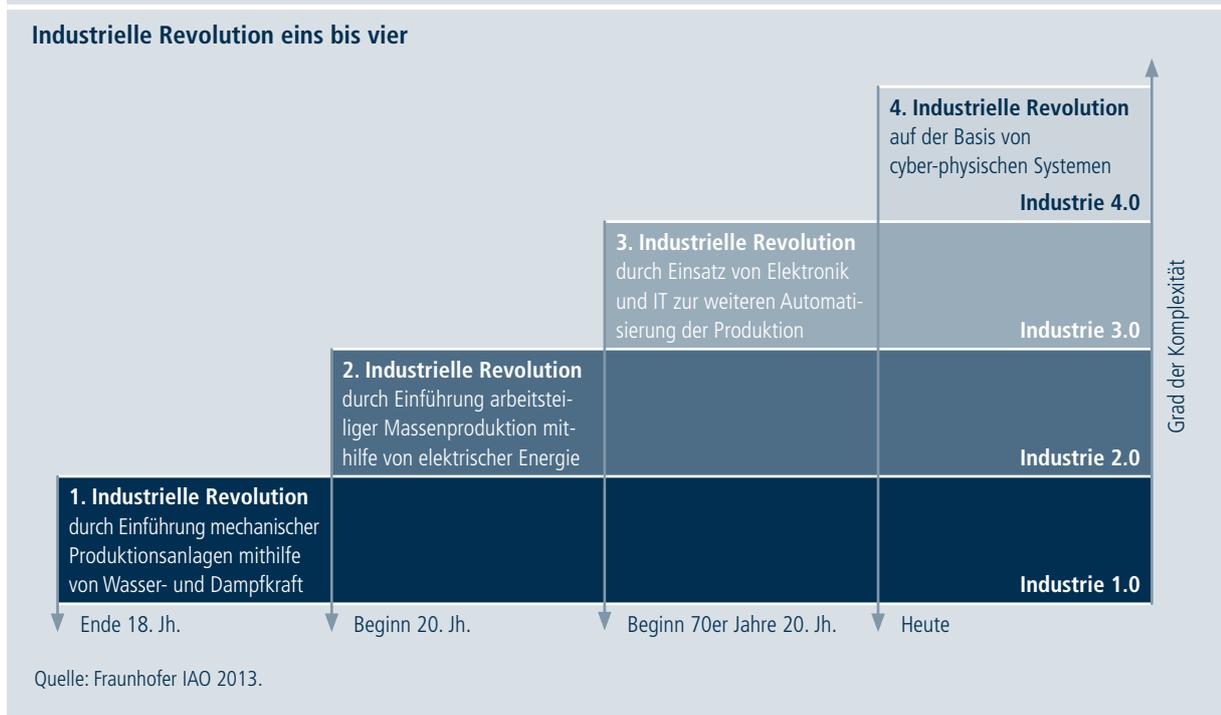
**Use Case 5: Selbstorganisierende adaptive Logistik (Quelle: Daimler)** In der vernetzten Produktion sind zuverlässige Produktionslogistikprozesse ausschlaggebend für den reibungsarmen, fehlerfreien Wertschöpfungsprozess. In Zukunft werden die Anforderungen an Stückzahl- und Variantenflexibilität weiter steigen, Engpässe und Belieferungsfehler werden wahrscheinlicher. Durch CPS können Material- und Teilebewegungen transparent gemacht werden. Sie bilden damit die technische Grundlage für eine dynamische Intralogistiksteuerung in einer flexiblen Fabrik.

<p><b>Use Case 6: Kundenintegriertes Engineering (Quelle: IPA)</b> Immer weitreichendere Kundenanforderungen an Termintreue und späte Änderungen bewirken die Notwendigkeit eines grundsätzlichen Umdenkens im Zusammenspiel der klassischen Produktionsaufgaben mit dem Kunden/der Supply Chain. Durch eine Integration des Kunden in die entwickelnden, planenden und wertschöpfenden Tätigkeiten des beauftragten Unternehmens entstehen eine neue Transparenz und eine reaktive Produktion in idealer Synchronisation aller Beteiligten.</p>
<p><b>Use Case 7: Nachhaltigkeit durch Up-Cycling (Quelle: IPA)</b> Mit steigenden Rohstoffpreisen steigt auch deren Einfluss auf den Gesamtpreis des Produkts. Insbesondere bei Hightech-Produkten sind oftmals die Rohstoffe auch ein begrenzender Faktor (beispielsweise seltene Erden, Platin). Indem das Unternehmen seine Produkte nur zur Nutzung verkauft, behält es die Eigentumsrechte an den verwendeten Rohstoffen. Dies wird sinnvoll erst durch direkt im Produkt abgespeicherte Herstellungs-, Montage- und Recycling-Informationen ermöglicht. Durch die umfassende Informationsbereitstellung wird anstelle eines Down- oder Re-Cyclings oftmals ein Up-Cycling ermöglicht.</p>
<p><b>Use Case 8: Smart Factory Architecture (Quelle: IPA)</b> Haben viele Unternehmen den Gedanken des Lebenszyklus eines Produkts und mitunter auch des Fabriklebenszyklus bereits aufgegriffen, so wird auffällig, wie aufwendig die Synchronisation dieser Lebenszyklen ist. Analog zu diesen Lebenszyklen ergibt sich für die Smart Factory ein eigener Lebenszyklus, welcher je nach Produkt entsprechend gestaltet werden muss. Die Smart Factory bietet dabei die Möglichkeit, einen umfassenden Lebenszyklus, durch die Ergänzung des MTO-Ansatzes mit IT, in einer übergeordneten Meta-Ebene zu etablieren.</p>
<p>Quelle: Forschungsunion/Acatech 2013: 105ff.</p>

Die Basis für diese Szenarien liefert die wachsende Digitalisierung, die uns gerade in das „Zweite Maschinenzeitalter“ (Brynjolfsson/McAfee 2014a) katapultiert. Denn Daten bilden den Werkstoff dieser vierten industriellen Revolution (siehe Ab-

bildung 2). Sie stehen künftig jederzeit und überall zur Verfügung. Wer in der Lage ist, diesen grenzenlosen Datenschatz zu heben, dem eröffnen sich enorme Chancen: vor allem Flexibilität und Effizienz.

Abbildung 2:



Industrie 4.0 könnte ein Ergebnis dieser fortschreitenden Digitalisierung sein, in der alle an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen miteinander vernetzt sind und sämtliche relevanten Informationen selbstständig und direkt miteinander austauschen. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und sich selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien – beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch – optimieren lassen (Plattform Industrie 4.0 2014: 1). Die Vision lautet also: Effizienz in Reinform. Durch höchste Flexibilität und den perfekten Wertschöpfungsfluss.

In Zukunft könnten demnach die Objekte direkt und selbstständig miteinander kommunizieren (siehe Abbildung 3). Sie informieren sich gegenseitig darüber, was mit ihnen passieren soll. Das heißt: Die Objekte werden maschinenlesbar. Auch jene, die bislang noch nicht mit elektronischen Komponenten ausgestattet waren, bekommen nun ihre eigene IP-Adresse. Möglich wird dies unter anderem durch das neue Internetprotokoll IPv6, weil es eine deutlich größere Zahl potenzieller Adressen, zudem einfachere Verschlüsselung und Überprüfung der Authentizität

bietet. So lassen sich künftig vielerlei Daten aus jedem einzelnen Produkt auslesen. Sensoren und Aktoren sorgen dafür, dass diese Daten über Scanner und Computer verteilt und direkt weiterverarbeitet werden können. Im Zuge dessen entsteht ein Internet der Dinge und Dienste, in dem schließlich die physikalische Welt und die virtuelle Welt zu sogenannten cyber-physischen Systemen verschmelzen (Plattform Industrie 4.0 2014).

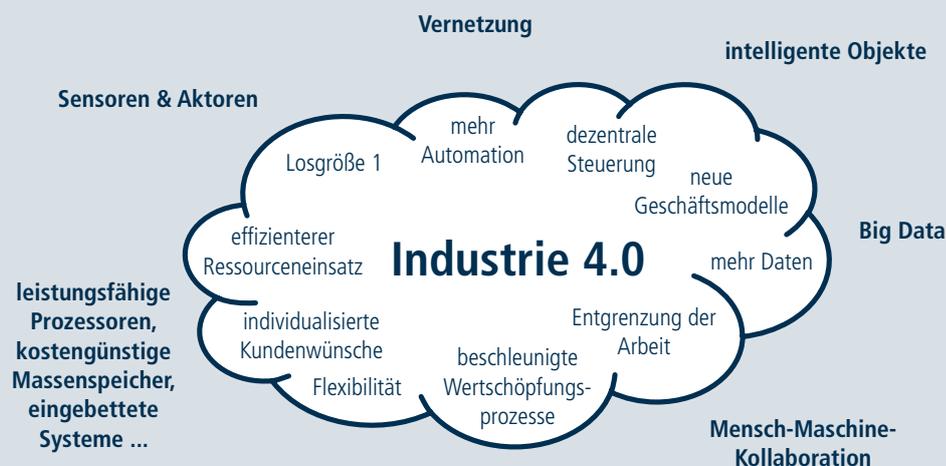
## 2.2 Auswirkungen auf Unternehmen und Branchen

Das Leitmotiv der oben skizzierten Entwicklungen scheint jenes zu sein: „Alles, was digitalisiert werden kann, wird digitalisiert werden.“ Dementsprechend weit gehen die Szenarien künftiger Entwicklungen auf diesem Gebiet. Und ebenso weit klaffen die Vorstellungen darüber auseinander, welche Auswirkungen die Industrie 4.0 auf Unternehmen und Branchen, Volkswirtschaften und Gesellschaften haben wird. Sie lassen sich in drei Sichtweisen verdichten (Stephan 2014):

(1) die disruptive Sichtweise: Industrie 4.0 ermöglicht komplett neue Geschäfts- und Wertschöpfungsmodelle;

Abbildung 3:

### Treiber der Industrie 4.0 – und ihre Folgen



Quelle: eigene Darstellung nach Fraunhofer IAO 2013.

- (2) die progressive Sichtweise: Industrie 4.0 löst Probleme von heute mit Technologien von morgen;  
 (3) die destruktive Sichtweise: Industrie 4.0 ist nicht neu und beinhaltet keine innovativen Ansätze.

Noch ist unklar, in welche Richtung sich die Industrie 4.0 entwickeln wird. Doch der aktuelle Diskurs wird vor allem von Vertreter\_innen der progressiven und disruptiven Vorstellung dominiert. Sie betonen die Chancen:

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

Diese positive Erwartung drückt sich auch in entsprechenden Prognosen<sup>3</sup> und daraus abgeleiteten Forderungen nach Investitionen aus: Damit Europa weiterhin ein wichtiger Industriestandort bleiben könne, müssten die Unternehmen in den nächsten 15 Jahren europaweit rund 1,35 Billionen Euro in die Industrie 4.0 investieren. Pro Jahr wären das immerhin 90 Milliarden Euro (Roland Berger 2014: 15). Hinzu kämen öffentliche Investitionen, beispielsweise in den dringend notwendigen, beschleunigten Breitbandausbau.

Hier zeigt sich natürlich zunächst für die IT- und TK-Branche enormes Potenzial. Hersteller und Anbieter von Softwarelösungen für Big Data-Analysen, Vernetzung und Digitalisierung dürften sich in den nächsten Jahren über wachsende Auftragsvolumen freuen. Doch noch viele weitere Branchen sind vermutlich schon sehr bald von den Entwicklungen rund um die Industrie 4.0

stark betroffen: der Maschinen- und Anlagenbau, die Hersteller elektrischer Ausrüstung, die chemische Industrie, der Kraftwagen(teile)bau, aber auch die Logistikbranche sowie die Landwirtschaft. Das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) beziffert in einer Studie für den Branchenverband BITKOM Produktivitätssteigerungen von rund 78 Milliarden Euro – in sechs Branchen und über einen Zeitraum von rund zehn Jahren (siehe Abbildung 4). Durchschnittlich 1,7 Prozent pro Jahr und Branche könnten als zusätzliche Bruttowertschöpfung erzielt werden (BITKOM/ Fraunhofer IAO 2014).

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

3 Vgl. BITKOM/Fraunhofer IAO (2014), PwC (2014) und Staufen (2014).

Abbildung 4:

**Wachstumschancen durch Industrie 4.0**

Wirtschaftsbereiche	Bruttowertschöpfung (Mrd. Euro)		Potenzial durch Industrie 4.0	Jährliche Steigerung	Steigerung (Mrd. Euro)
	2013	2025*	2013 – 25	2013 – 25	2013 – 25
Chemische Industrie	40,08	52,10	+30 %	2,21 %	12,02
Kraftwagen- und Kraftwagenteile	74,00	88,80	+20 %	1,53 %	14,80
Maschinen- und Anlagenbau	76,79	99,83	+30 %	2,21 %	23,04
Elektrische Ausrüstung	40,72	52,35	+30 %	2,21 %	12,08
Land- und Forstwirtschaft	18,55	21,33	+15 %	1,17 %	2,78
Informations- und Kommunikationstechnik	93,65	107,70	+15 %	1,17 %	14,05
<b>Potenzial der 6 ausgewählten Branchen</b>	<b>343,34</b>	<b>422,11</b>	<b>+23 %</b>	<b>1,74 %</b>	<b>78,77</b>
Beispielhafte Hochrechnung für die Gesamtbruttowertschöpfung in Deutschland	2.326,61	5.593,06**	+11,5%**	1,27%**	267,45**

\* Bei den Hochrechnungen für 2025 wurde kein Wirtschaftswachstum berücksichtigt. Es handelt sich um eine reine Relativbetrachtung mit und ohne die Industrie 4.0-Potenziale für die sechs ausgewählten Branchen.

\*\* Gesamtsumme enthält die Industrie 4.0-Potenziale für die sechs ausgewählten Branchen sowie die Hochrechnung der restlichen Branchen unter der Annahme, dass für diese ein Potenzial in Höhe von 50 % der Bruttowertschöpfung für die ausgewählten Branchen gilt.

Quelle: BITKOM/Fraunhofer IAO 2014: 36.

Folgen wir der These der vierten industriellen Revolution, wird die zunehmende Digitalisierung also einiges verändern. Das erklärt auch die Omnipräsenz des Begriffs „Industrie 4.0“ in der medialen Öffentlichkeit. Dabei fällt jedoch auf, dass sich große Teile der Gesellschaft noch nicht sehr intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt haben. Stand heute ist es ein eher technischer Begriff, der vor allem die Wirtschaft beschäftigt. Allerdings zeigen sich auch hier enorme Unterschiede – abgesehen von einer Avantgarde aus Pionierunternehmen sind die Entwicklungen für die meisten Unternehmen bisher eher abstrakt. So erkennen zwar 92 Prozent der Mitglieder des BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie) in der Industrie 4.0 die größte Herausforderung für die Zukunft, aber nur zwölf Prozent fühlen sich darauf vorbereitet (Klein 2014).

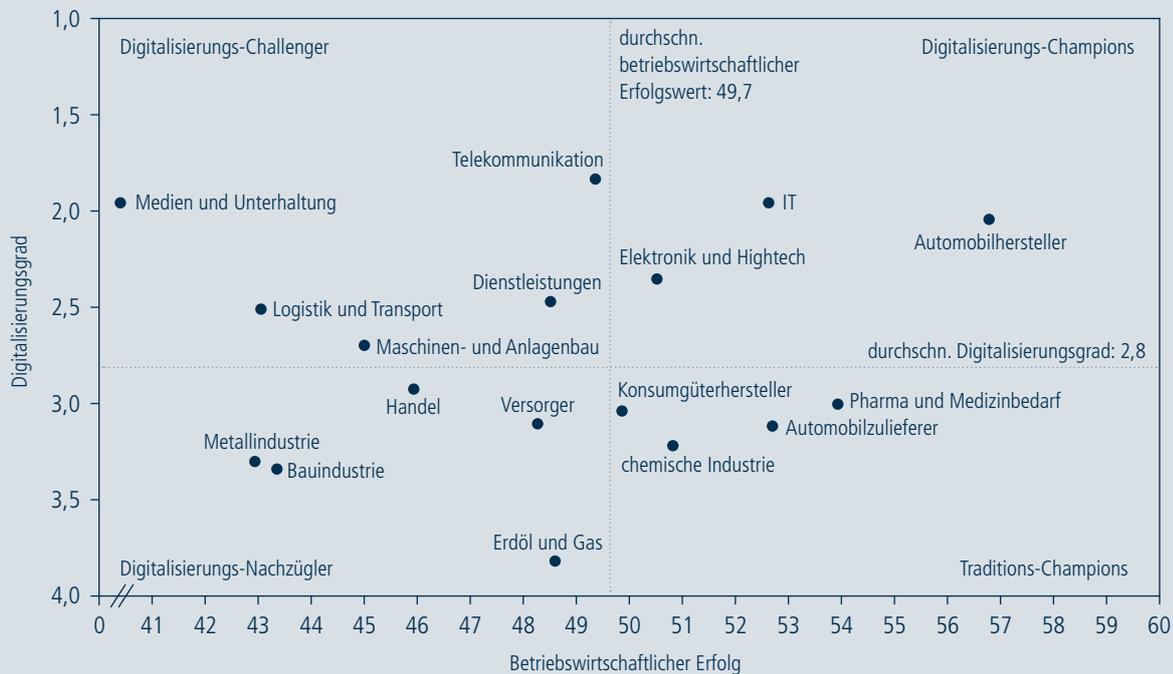
Das beginnt schon beim Digitalisierungsgrad (siehe Abbildung 4). Dieser unterscheidet sich

innerhalb der deutschen Wirtschaft noch stark nach Branche und Unternehmensgröße (Accenture 2014; DZ Bank/GfK Enigma 2014). Zugespielt formuliert: Je größer das Unternehmen, desto wichtiger nimmt es die Digitalisierung. Das heißt, gerade viele kleine und mittelgroße Unternehmen haben hier enormen Nachholbedarf. Knapp 70 Prozent der Unternehmen mit einem Jahresumsatz von unter fünf Millionen Euro geben an, dass digitale Technologien im Wertschöpfungsprozess heute nur eine geringe bzw. noch gar keine Rolle spielen. Abbildung 5 zeigt, dass vor allem die Metall-, chemische und Bauindustrie, aber auch der Handel hier die Digitalisierungsnachzügler sind (Accenture 2014).

Gerade mit Blick auf die anhaltend schwache Investitionsbereitschaft in Deutschland verknüpfen viele Studien und Analysen<sup>4</sup> hohe Erwartungen an die vierte industrielle Revolution. So weist heute nur rund jedes fünfte Unternehmen einen

4 Vgl. z. B. Accenture (2014), DZ Bank/GfK Enigma (2014), BITKOM/Fraunhofer IAO (2014) sowie Roland Berger (2014), Staufen (2014) und PwC 2014.

Abbildung 5:

**Betriebswirtschaftlicher Erfolg und Digitalisierungsgrad nach Branchen**

Der betriebswirtschaftliche Erfolg wird als Wert berechnet, basierend auf dem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum und der durchschnittlichen Profitabilität (gemessen als Umsatz- und Eigenkapitalrendite) im Zeitraum 2008–2012; Bewertungsskala 100 = höchster Wert und 0 = niedrigster Wert; der Digitalisierungsgrad wird gemessen als Wert basierend auf den digitalen Hauptfeldern digitale Strategie, digitales Angebot und digitale Prozesse und der weiteren Unterkriterien; Bewertungsskala 1 = größtenteils, 2 = teilweise, 3 = wenig, 4 = ansatzweise digitalisiert, alle Werte werden als ungewichtete Mittelwerte berechnet.

Quelle: Accenture 2014: 13.

hohen Digitalisierungsgrad auf – in fünf Jahren werden es (nach eigenen Angaben) mehr als 80 Prozent aller Unternehmen sein. Es wird daher prognostiziert, dass die deutsche Industrie bis 2020 jährlich 40 Milliarden Euro in Industrie 4.0-Lösungen investieren wird. Das wären immerhin rund 3,3 Prozent ihres Jahresumsatzes (PwC 2014). Die Studie macht vor allem drei Treiber für obiges Investitionsvolumen aus:

(1) die Möglichkeit zur besseren Steuerung von horizontalen und vertikalen Wertschöpfungsketten (Produktivitätsverbesserungen von mehr als 18 Prozent in den nächsten fünf Jahren);

(2) die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung der eigenen Produkte und Dienstleistungen, die zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit beitragen wird – hier werden zusätzliche jährliche Umsatzsteigerungen von durchschnittlich zwei bis drei Prozent erwartet, also weitere 30 Milliarden Euro pro Jahr;

(3) neue Geschäftsmodelle durch die Zunahme von Kooperationen über die gesamte Wertschöpfungsketten hinweg sowie die integrierte Nutzung und Analyse von Daten, die es erlauben würden, auch individuellste Kundenbedürfnisse zu befriedigen.

## 2.3 Industrie 4.0 und die Folgen für die Arbeitswelt

Was bedeuten diese Entwicklungen für Mensch und Gesellschaft? Beginnen wir mit der Arbeitswelt. Hier zeichnen sich schon heute folgende Entwicklungstrends ab:

- (1) Die Arbeitsgestaltung wird zeitlich und räumlich immer flexibler.
- (2) Die Arbeitsabläufe werden stärker digitalisiert, enthierarchisiert und dezentralisiert.
- (3) Die Arbeitsabläufe werden transparenter.
- (4) Immer mehr Routinetätigkeiten werden digitalisiert und automatisiert (vgl. Münchner Kreis 2013; Picot/Neuburger 2014).

Während sich bisher im öffentlichen Diskurs eher die progressive und disruptive Perspektive auf die Industrie 4.0 durchgesetzt zu haben scheinen, und vor allem die Chancen betont werden, sind die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt deutlich umstrittener. Die bange Frage lautet: Macht die zunehmende Digitalisierung die Menschen in der produzierenden Wirtschaft arbeitslos? Eine eindeutige Antwort auf diese Frage kann es derzeit noch nicht geben. Zu ungewiss und unterschiedlich sind die Einschätzungen (siehe Abbildung 6).

Zumindest eine Erkenntnis hat sich jedoch schon jetzt durchgesetzt: Entgegen der Diskussionen der 1980er Jahre heißt es heute nicht mehr Mensch oder Maschine. Vielmehr drehen sich die meisten Szenarien um das Verhältnis von Mensch und Maschine (Kurz 2014; Ganz 2014):

(1) Das *Automatisierungsszenario*: Systeme lenken Menschen. Kontroll- und Steuerungsaufgaben werden durch die Technologie übernommen. Sie bereitet Informationen auf und verteilt diese in Echtzeit. Beschäftigte werden durch cyber-physische Systeme (CPS) gelenkt und übernehmen vorrangig ausführende Tätigkeiten. Die Fähigkeiten von Geringqualifizierten werden dabei entwertet (siehe Abbildung 7).

(2) Das *Hybridszenario*: Kontroll- und Steuerungsaufgaben werden kooperativ und interaktiv durch Technologien, vernetzte Objekte und Menschen wahrgenommen. Die Anforderungen an die Arbeitnehmer\_innen steigen, da sie deutlich flexibler sein müssen.

(3) Das *Spezialisierungsszenario*: Menschen nutzen Systeme. CPS ist ein Werkzeug und wirkt entscheidungsunterstützend. Die dominante Rolle der Facharbeit bleibt erhalten (siehe Abbildung 7).

Abbildung 6:

### Typische Anwendungsfälle von Mensch-Maschine-Interaktionen



Quelle: Kurz 2014.

*Auswirkungen auf der Makroebene:  
Der Arbeitsmarkt*

Digitalisierung und Industrie 4.0 werden die Arbeit der Zukunft enorm verändern. Die Automatisierung wird für immer kleinere Serien (Losgröße 1) möglich – dennoch bleibt menschliche Arbeit wohl weiterhin wichtiger Bestandteil der Produktion. So bedeutet Industrie 4.0 auch wesentlich mehr als Vernetzung. Die Zukunft umfasst intelligente Datenaufnahme, -speicherung und -verteilung durch Objekte und Menschen. Aufgaben traditioneller Produktions- und Wissensarbeiter\_innen wachsen weiter zusammen (Fraunhofer IAO 2013). Dadurch werden sich viele Arbeitsprozesse künftig effizienter und effektiver durchführen lassen; auch weil sie eine Vielzahl neuer, entlastender Assistenzsysteme bereitstellen. Das heißt aber auch: Administrations- und Produktionsprozesse werden weiter automatisiert. Bestimmten Arbeitsprozessen und Berufsgruppen (vor allem Hochqualifizierten) eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten für die Gestaltung des eigenen Arbeitslebens, sowohl was die zeitliche und örtliche Abwicklung als auch die Art der Tätigkeit und den Zugang zu ihr betrifft.

Es wird vermutet, dass es dabei zu einer Polarisierung der Beschäftigung kommt, indem durch

Industrie 4.0 bestimmte Tätigkeiten im mittleren Qualifikations- und Lohnbereich zunächst automatisiert werden und dadurch wegfallen. Frey und Osborne (2013) gehen in ihrem Szenario noch deutlich weiter. Sie prognostizieren für den US-Arbeitsmarkt, dass innerhalb der nächsten beiden Dekaden fast die Hälfte aller Jobs in den USA davon betroffen sein könnte. Für den deutschen Fall scheint dieses Szenario aufgrund anders gelagerter Produktionssysteme und Qualifikationsprofile nicht sehr realistisch. Zudem könnten die Folgen im Vergleich zu anderen Ländern schon allein wegen des demografischen Wandels (und dem drohenden Fachkräftemangel) weniger drastisch ausfallen.

Die Polarisierungsthese (Autor/Acemoglu 2011) wirkt mit Blick auf den Standort Deutschland überzeugender. Danach gewöhnen die bisher am unteren und oberen Qualifikationsrand eingeordneten, weniger automatisierbaren, eher erfahrungs- und interaktionsbasierten Berufsfelder an Relevanz. Hier könnten auch verstärkt neue Berufsfelder entstehen (Picot/Neuburger 2014). Zudem würde sich durch die wachsende Entbetrieblichung der Arbeit die Schar der „Click-Worker“ und „Cloud-Arbeiter“, die schlechter bezahlt und als Freelancer sozial weniger abgesichert sind, vermutlich deutlich erhöhen.

Abbildung 7:

**Qualifikationsanforderungen in der Industrie 4.0**

**Automatisierungsszenario**

- Kontrolle und Steuerung durch Technologie
- CPS lenkt MA (vornehmlich ausführend tätig)
- hoch qualifizierte Fachkräfte für Installation, Modifikation und Wartung von CPS

Werkerinnen:

Fachkräfte allgemein: ↓

Fachkräfte spezialisiert: ↑

Hochqualifizierte: ↑

**Spezialisierungsszenario**

- CPS unterstützt Entscheidungen
- MA lenken CPS
- weiterhin dominante Rolle der Facharbeit
- verstärkt informatorische, organisatorische, mechatronische Inhalte

Werkerinnen:

Fachkräfte allgemein: ↑

Fachkräfte spezialisiert: ↑

Hochqualifizierte: ↑

Quelle: Ganz 2014.

*Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation in den Betrieben*

Was heißt das nun konkret für die Arbeitsorganisation? Hartmut Hirsch-Kreinsen (2014) empfiehlt eine Neugestaltung des gesamten sozio-technischen Produktionssystems. Dabei würde sich aber kein „one-best-way“ etablieren, vielmehr könnten künftig eine Reihe unterschiedlicher Organisationsformen zum Einsatz kommen, die sich im Spektrum zwischen einer polarisierten und einer Schwarm-Organisation (Abbildung 8) bewegen – bzw. sich als Mischformen dieser Typen bilden.

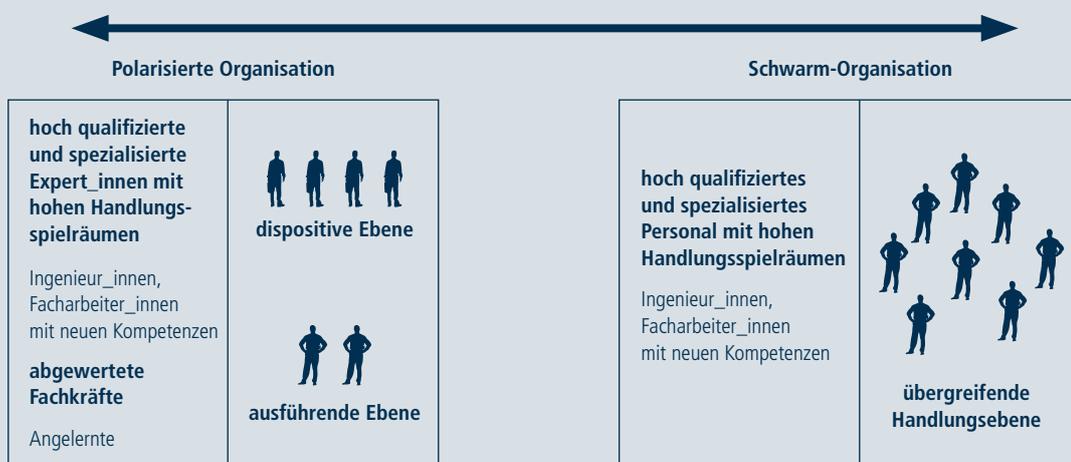
Die polarisierte Organisation nimmt die Tendenzen der innerbetrieblichen Heterogenisierung von Aufgaben, Qualifikationen und Personaleinsatz auf. Sie adressiert die Bedürfnisse von Produktionssystemen, die einerseits vermutlich nur noch eine geringe Zahl einfacher Tätigkeiten mit kleinem oder keinem Handlungsspielraum aufweisen und andererseits eine größer werdende oder auch neu entstandene Gruppe hoch qualifizierter Expert\_innen und technischer Spezialist\_innen beschäftigen, deren Qualifikationsniveau deutlich über dem bisheriger Facharbeiter\_innen liegt. Diesen Beschäftigten obliegen nicht nur dispositive Aufgaben (z. B. Störungsbewältigung), sondern sie übernehmen verschiedentlich auch Aufgaben des Produktionsmanagements (Hirsch-Kreinsen 2014).

Den anderen Pol des Spektrums bildet die Schwarm-Organisation. Diese Form der Arbeitsorganisation ist durch eine lockere Vernetzung sehr qualifizierter und gleichberechtigt agierender Beschäftigter gekennzeichnet. In ihr sind einfache und niedrig qualifizierte Tätigkeiten nicht (mehr) anzutreffen, weil sie weitgehend durch die Automatisierung ersetzt worden sind. Es gibt keine definierten Aufgaben für einzelne Beschäftigte. Stattdessen handelt das Arbeitskollektiv selbst organisiert, hoch flexibel und situationsbestimmt. Die Schwarm-Organisation ist also eine Gestaltungsform, die auf die explizite Nutzung informeller sozialer Prozesse der Kommunikation und Kooperation setzt und die damit verbundenen extrafunktionalen Kompetenzen sowie das spezifische Prozesswissen der Beschäftigten betont (Hirsch-Kreinsen 2014).

In jedem dieser Szenarien rückt der Mensch als – besser informierter – Entscheider in den Mittelpunkt (siehe Abbildung 9). Zugleich erhöht sich jedoch seine Abhängigkeit von den Daten. Auch daher kommt dem Aspekt der Datensicherheit und des Datenschutzes eine besondere Wichtigkeit zu. Zudem gilt es, die Beschäftigten von Anfang an in die (Um-)Gestaltung der Arbeitsorganisation in der Industrie 4.0 einzubinden. Als Mitgestaltende und Mitbestimmende. Als zentrale Treiber technischer und sozialer Innovation.

Abbildung 8:

**Polarisierte versus Schwarm-Organisation**



Quelle: Hirsch-Kreinsen 2014: 4.

Abbildung 9:

<b>Gestaltung von Mensch-Maschine-Interaktionen</b>		
	<b>Menschen nutzen Systeme – Spezialisierungsszenario</b>	<b>Systeme lenken Menschen – Automatisierungsszenario</b>
<b>Arbeitsinhalt</b>	interessante Zuschnitte von Aufgaben bei Einflussmöglichkeiten auf Gestaltung & Ziele	enge Zuschnitte von Aufgaben bei einem hohen Grad an Standardisierung/Fremdsteuerung
<b>Arbeitsorganisation</b>	Chancen erweiterter Zusammenarbeit mit vereinbarten Zielen und Beteiligung	hohe Verantwortung bei geringem Handlungsspielraum
<b>Vernetzung</b>	Beeinflussbarkeit von Standards und der Zusammenarbeit in einem transparenten Zusammenhang	Vorgabe enger Standards bei nicht vorhandener Transparenz im Kontext der Vernetzung und der Verwendung von Wissen
<b>Automation</b>	Entlastung von belastenden und inhaltlich nicht attraktiven Tätigkeiten	Automationsziel: menschenleere Fabrik
<b>Qualifizierung/ Kompetenzen</b>	Verknüpfung des arbeitsplatznahen Lernens mit übergreifender Kompetenzentwicklung	ausschließlich Qualifizierung on the job
<b>Daten</b>	Zugang zu Informationen und Wissen für Problemlösungen; Trennung Personen-, Technologiedaten	Nutzung der Daten zur Kontrolle von Verhalten und Leistung

Quelle: nach Kurz 2014.

## 2.4 Wo wir heute stehen

Auffallend ist, dass sich viele Publikationen zur Industrie 4.0 hauptsächlich um das Internet der Dinge, intelligente Objekte und Smart Factorys drehen. Noch wird das Phänomen „Industrie 4.0“ eher technisch angegangen. Die Frage, was das für die Menschen und unsere Gesellschaft als Ganzes bedeutet, ist bisher eher schwach ausgeleuchtet. Doch die wachsende Digitalisierung wird nicht nur Maschinen, Fabriken und Branchen, sondern auch Gesellschaften enorm verändern. Daher gilt es, gerade diese Dimension stärker in den Blick zu nehmen. Wo lauern Risiken – aber wo finden sich auch Chancen für soziale Innovationen und sozialen Fortschritt?

Eine soziale Innovation ist eine neuartige Lösung für eine gesellschaftliche Herausforderung, die effektiver oder effizienter, nachhaltiger oder gerechter als bestehende Praktiken ist. Ihr Nutzen zielt vor allem auf die Gesellschaft und weniger auf einen einzelnen Innovator. Daher müssen diese Lösungen auch immer gemeinsam mit bzw. direkt von den Nutznießer\_innen in der Gesellschaft entwickelt werden. Eine soziale Innovation zeigt sich in vielerlei Ausprägung – als Prinzip,

Gesetz, Organisation, Verhaltensänderung, Geschäftsmodell, Produkt, Prozess oder Technik. Meist entstehen soziale Innovationen aus der Kombination dieser Bestandteile. So lassen sich aus heutiger Perspektive vielerlei Innovationen als soziale Innovationen klassifizieren: vom Buchdruck, über die Krankenversicherung, das allgemeine Wahlrecht, Energiesparen oder Fairtrade, bis zum Internet. Neuartige Lösungen also, die einen großen gesellschaftlichen Nutzen gestiftet haben.

Ihre größte Wirkung entfalten soziale Innovationen, wenn sie systemübergreifend sind. Daher können technische Innovationen die Verbreitung (Diffusion) sozialer Innovation sehr positiv beeinflussen. Und andersherum entwickeln technische Innovationen ihr wahres Potenzial erst durch die Verknüpfung mit einer sozialen Innovation. Dann können aus einer betriebswirtschaftlich erfolgreichen Idee auch ein volkswirtschaftlicher Nutzen sowie sozialer Fortschritt entstehen. Gerade bei der Industrie 4.0 sollten wir dieses Ziel stets im Auge behalten. Wir sollten also sicherstellen, dass die Rendite dieser Digitalisierung von möglichst vielen erbracht und auf möglichst viele verteilt werden kann.

### 3. Zehn Thesen zur Innovationspolitik für die Industrie 4.0

---

Die Innovationspotenziale durch die wachsende Digitalisierung scheinen also immens. Technisch, durch die Verschmelzung von Gütern und Dienstleistungen zu intelligenten Objekten und Produkten, die schneller und ressourcenschonender, also effizienter hergestellt werden können. Organisational, durch neue Unternehmensorganisationen, Beschäftigungsformen und Geschäftsmodelle. Sozial, durch bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie sowie Alter und Behinderung (durch den Einsatz intelligenter Assistenzsysteme).

Diese Entwicklungen bringen aber auch enorme Risiken mit sich – auf individueller wie gesellschaftlicher Ebene. So bedeutet Flexibilisierung womöglich auch: weitere Entgrenzung von Arbeit, weitere Beschleunigung, weitere Intensivierung und Stress sowie neue Herausforderungen für die sogenannte Work-Life-Balance. Auch sensible Bereiche wie Datenschutz und Datensicherheit sowie das wachsende Kontrollpotenzial der Systeme sind noch mit großen Fragezeichen belegt. Was heißt das nun für die Innovationspolitik?

These 1: Wer Industrie 4.0 will, muss Systeme fördern.

Industrie 4.0 entsteht in Systemen, im Zusammenspiel von Netzwerken und vieler verschiedener Akteure. Sie tangiert eine Vielzahl von Themen: Datenschutz und Datensicherheit (Safety & Security), rechtliche, soziale und technische Standards, Geschäftsmodelle, Arbeitsorganisation. Technische Innovationen stimulieren soziale Innovationen – und andersherum. Eben weil sich neue Organisationsformen finden, bilden sich neue Technologien und Techniken.

Gerade der Einbezug von Anwender\_innen, Zulieferbetrieben und Nutzer\_innen beschleunigt den Innovationsprozess, hilft aber auch bei der

Entwicklung von Standards. So werden manche Produkte in und Dienstleistungen um die Industrie 4.0 sich wohl auch als „Open Innovation“ entwickeln. Das stellt viele Unternehmen in Deutschland vor neue Herausforderungen, sind sie es doch traditionell eher gewohnt, den Weg der „Closed Innovation“ zu verfolgen. Das gilt gerade für das produzierende Gewerbe, in dem Unternehmen häufig nur die Ideen und technischen Kompetenzen nutzen, die in ihrer eigenen Domäne oder einem Netzwerk eng integrierter, bekannter Partner vorhanden sind.

Um in der Industrie 4.0 bestehen zu können, müssen Unternehmen und ihre Belegschaften also verstärkt „Interaktionskompetenz“ (Howaldt/Beerheide 2010: 358f.) entwickeln. Damit sind jene Kompetenzen und Fähigkeiten einer Organisation gemeint, „Open Innovation“ erfolgreich umzusetzen. Weil in diesen Prozessen innovative Produkte und Dienstleistungen immer stärker branchenübergreifend durch die Integration unterschiedlicher Technologien geprägt sind, erfordert ihre Entwicklung das vernetzte Zusammenwirken unterschiedlicher Kompetenzen und Wissensschätze. Mit der wachsenden Digitalisierung lässt sich vermutlich mehr davon kodifizieren und weitergeben. Daraus erwächst die Notwendigkeit, die jeweils eigenen Kompetenzen mit dem komplementären Wissen und Handeln anderer zu verknüpfen (Howaldt/Beerheide 2010).

Die Innovationspolitik muss das in den Blick nehmen. Denn sie kann dieses Orchester aus vielen unterschiedlichen Perspektiven und Disziplinen darin unterstützen, sich besser und schneller aufeinander einzustellen und voneinander zu lernen. Sie kann vernetztes Denken, Offenheit, Austausch fördern, um auch die „absorptive Kapazität“ (Cohen/Levinthal 1990; Hirsch-Kreinsen 2010) von Unternehmen zu stärken. In der Schul- und Hochschul-, Aus- und Weiterbildung ebenso

wie durch aktives Fördern von Netzwerkbildung. Sie kann kollektives Lernen stimulieren – auch unter Einbezug nichtforschungintensiver Betriebe –, damit neue Technologien und neues Wissen schneller diffundieren können. Innovationspolitik kann hier durch Wettbewerbe oder Anschubfinanzierung den Aufbau interdisziplinärer Projektverbände und Kompetenzzentren fördern und den Transfer von Grundlagenforschung in die Anwendungsentwicklung unterstützen – durch Reallabore, Living-Labs und Demonstrationsfabriken (Beispiele: WITTENSTEIN Industrie-Campus; it's OWL).

These 2: Wer Industrie 4.0 will, muss die „Hightech-Obsession“ kritisch hinterfragen.

Hightech-Innovationen gelten in Wissenschaft und Wirtschaft, Politik und Gesellschaft als besonders attraktiv. Die theoretische Erklärung liefert Romers-Modell der endogenen Wachstumstheorie: Das Wachstum ist dabei umso stärker, je höher der Anteil der im Forschungssektor beschäftigten Arbeitskräfte ist. Diesem Motto folgen seit her viele Innovationsanalysen und innovationspolitische Ansätze auf der ganzen Welt. Viel hilft viel, lautet die Formel. Das heißt, möglichst viel in Forschung und Entwicklung (FuE) investieren und darauf vertrauen, dass es die Produktionsfunktion und der Markt schon richten werden. Aber: Innovationsprozesse laufen nicht linear und nur selten im Kaskadenmodell ab. So finden sich zwar durchaus angebotsinduzierte Innovationsprozesse, die stark hochtechnologiegetrieben sind. Es lassen sich aber auch eine Vielzahl stärker nachfrageinduzierter, durch Kund\_innen, praktisches Wissen oder Anwendererfahrungen angestoßene Innovationen beobachten. Daher sollte Innovationspolitik neben der klassischen Forschungsförderung der Technikwissenschaften zum Beispiel eben auch verstärkt die Sozialwissenschaften in den Blick nehmen.

Hartmut Hirsch-Kreinsen (z. B. Hirsch-Kreinsen 2010) lenkt in seiner Forschung den Blick auf die heterogene Wissensbasis von Innovationen und hebt die – häufig unterschätzte – Bedeutung praktischen Wissens bei der Entwicklung von In-

novationen in vielen Industriezweigen und Unternehmen hervor. Vor dem Hintergrund seiner kritischen Überlegungen fordert er eine Abkehr der staatlichen Innovationspolitik von der „Hightech-Obsession“ und eine stärkere Berücksichtigung der Spezifik von Innovationsprozessen in nichtforschungintensiven Sektoren. Industrie 4.0 braucht beides. Gerade in der Industrie 4.0 wird es sowohl auf die „science-base“ als auch die anwendungs- bzw. kundengetriebenen Innovationen ankommen. Daher müssen wir uns rechtzeitig Gedanken machen über die Gestaltung dieser sozio-technischen Systeme (z. B. polarisierte Organisation oder Schwarm-Organisation) und ihre Rahmenbedingungen – unter Einbeziehung möglichst vieler potenzieller Nutzer\_innen und der wissenschaftlichen Begleitung dieser Prozesse.

These 3: Wer Industrie 4.0 will, muss auf sozialen Fortschritt setzen.

Industrie 4.0 verlangt einiges. Vor allem von den Menschen. Hier schlummern viele Potenziale, nicht nur für die Hochqualifizierten. Damit wachsende Flexibilisierung nicht nur die Schattenseiten der Entgrenzung von Arbeit betont, muss auch verstärkt auf soziale Innovationen gesetzt werden. Durch die Kombination einfach zu bedienender technischer Assistenzsysteme mit neuen sozialen Praktiken sowie die bessere Verzahnung unterschiedlicher Dienstleistungen könnten sich dann auch Möglichkeitsfenster für mehr sozialen Fortschritt öffnen: Teilhabe und soziale Integration, inklusives Wachstum und die bessere Vereinbarkeit von Familie, Pflege, Alter und Behinderung mit dem Beruf.

Soziale Innovationen entstehen vor allem im Dialog. Der Dialog mit der Gesellschaft muss deshalb ein organischer Bestandteil von Forschung und Innovation sein. Dann kann er auch die Technologieoffenheit und Risikomündigkeit einer Gesellschaft stärken. Wer Innovation durch Partizipation ernst nimmt, sollte neben technologischen Entwicklungen und deren Einbettung in die Lebenswelt zukünftig auch andere Rahmenbedingungen verstärkt einbeziehen: Bereiche wie Datenschutz, Urheberrechte, Wettbewerbsrechte

und gewerbliche Schutzrechte. Hier sollte frühzeitig untersucht und beraten werden, wie sich gesetzliche Rahmenbedingungen an neue technologische Entwicklungen, soziale Praktiken und neue Geschäftsmodelle anpassen sollten. Dieser Dialog ist natürlich auch in den Betrieben zu fördern. Dabei ist die besondere Pflicht der Geschäftsführung und Projektleitung zu nennen, für ein partizipatives Umfeld zu sorgen, in dem die Vorschläge und Hinweise der Mitarbeiter\_innen aufgenommen werden. Motivation und Förderung durch gezielte Personalentwicklung und entsprechende Firmenkultur sind als Stimulus für erfolgreiche Innovationsprozesse nicht zu unterschätzen. So werden aus Betroffenen konstruktive Mitgestalter\_innen der Industrie 4.0, die den Diffusionsprozess dann auch in andere gesellschaftliche Bereiche vorantreiben und beschleunigen können.

These 4: Wer Industrie 4.0 will, sollte sie vor allem als eine soziale Innovation begreifen.

Soziale Innovationen haben entscheidenden Einfluss darauf, ob eine technische Invention (Erfindung) zur verbreiteten Innovation wird (so die Unterscheidung von Schumpeter), auf welchen Wegen und Kanälen sie sich ausbreitet (diffundiert) und welche Wirkung sie dabei entfaltet (Franz 2010: 336). Eine soziale Innovation ist eine zielgerichtete Neukonfiguration sozialer Praktiken, mit dem Ziel, Probleme oder Bedürfnisse besser zu lösen bzw. zu befriedigen, als dies auf der Grundlage etablierter Praktiken möglich ist (Howaldt et al. 2008: 65), und damit einen Beitrag zum sozialen Fortschritt zu leisten.

Besser: für wen? Hier zeigt sich noch ein weiterer Subtext der Definition, seine normative Aufladung nämlich. In diesem Verständnis ist eine Innovation nur dann sozial, wenn sie gesellschaftlich akzeptiert wird, breit in die Gesellschaft bzw. bestimmte gesellschaftliche Teilbereiche diffundiert und schließlich als neue soziale Praktik institutionalisiert bzw. routinisiert wird (Howaldt et al. 2008: 65; Zapf 1989: 177). Ihre gesellschaftli-

che Nützlichkeit hat die Industrie 4.0 noch unter Beweis zu stellen. Erst wenn die Entwicklungen in und um die Industrie 4.0 auch ihren gesellschaftlichen Mehrwert entfalten (z. B. „Gute Arbeit“ bzw. neue Qualität der Arbeit), wenn sich also soziale Praktiken etablieren, die „besser für die Menschen“ sind – als Konsument\_innen, aber eben auch auf der Anbieterseite, als Beschäftigte in den Smart Factorys der Zukunft – ist der Doppelcharakter der sozialen Innovation tatsächlich erfüllt. Denn nur wenn Industrie 4.0 nicht nur als technische, sondern auch als soziale Innovation verstanden und definiert wird, können Antworten auf die tiefgreifenden Umbrüche formuliert werden.

These 5: Wer Industrie 4.0 will, sollte das „Modell Deutschland“ (koordinierte Marktwirtschaft) stärken.

Der vergleichenden Kapitalismusforschung (z. B. Hall/Soskice 2001) haben wir es zu verdanken, dass sich in Teilen der Wissenschaft die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass nicht nur die liberalen, anglo-amerikanischen Marktwirtschaften, sondern eben auch koordinierte Marktwirtschaften ökonomisch erfolgreich operieren können, wenn sie sich auf ihre Stärken (institutionelle Komplementaritäten) besinnen. Gerade für die Industrie 4.0 erscheint diese Erkenntnis leitend. Deutschland galt viele Jahre als Prototyp einer koordinierten Marktwirtschaft: Hier verlassen sich Unternehmen mehr auf – langjährige, vertrauensvolle – Beziehungen zu ihren Beschäftigten, ihren Zulieferern und Entwicklungspartnern. Sie verwenden mehr „geduldiges Kapital“ als ihre Konkurrenten in Übersee und sind daher vor allem in Branchen stark, die eher inkremental innovieren (z. B. Maschinen- und Anlagenbau). Sie koordinieren ihre Aktivitäten in Netzwerken. Diese „Kultur der Kooperation“ wird nicht zuletzt durch starke Branchenverbände, durch sektorale Lohnaushandlung, Mitbestimmung, duale Aus- und berufliche Weiterbildung gestützt. Die Politik sollte diese „Kultur der Kooperation“ positiv begleiten und stärken, Netzwerke und Zusammenarbeit

fördern und vor allem entsprechende Rahmenbedingungen bereitstellen: Infrastruktur (z. B. Ausbau hochverfügbarer, schneller Breitbandnetze, Verkehrswege) und exzellente Bildungs- und Forschungseinrichtungen.

These 6: Wer Technologie fördert, muss an die Menschen denken.

Das Internet der Dinge, Daten und Dienste wird die physische und digitale Welt miteinander verschmelzen (Forschungsunion 2013). Web- und wissensbasierten Dienstleistungen kommt dabei eine wichtige Aufgabe zu. Wissen entsteht häufig als praktisches Wissen: „learning by doing“ und „learning by using“. Menschen sind Träger dieses Wissens und Treiber von Innovationen. Daher stellt sich zunächst die Frage: Was brauchen die Menschen in einer Industrie 4.0 für Fertigkeiten? Aber eben auch: Wie können die Menschen von der Industrie 4.0 profitieren?

Folgen wir der Polarisierungsthese könnten die Menschen in der Industrie 4.0 vor allem von der intuitiven Bedienung der cyber-physischen Systeme profitieren. Design wird zum Innovationsmotor. Zudem rücken verstärkt Ausbildung, Weiterbildung und Qualifikation in den Vordergrund. Hier gilt es auch in Richtung Risikomündigkeit zu bilden. Dazu gehört: das Ausprobieren und Testen, das Anwenden und Forschen, Risiken einzugehen und womöglich zu scheitern; dann aber auch weitere Chancen zu erhalten. In einer solchen Kultur des partizipativen Miteinanders darf lebenslanges Lernen auch gern gefordert werden, durch Personalentwicklung und Aufstiegsförderung – auch im Wissenschaftssystem. Dazu gehört aber auch: eine bessere Grundfinanzierung der Hochschulen, Karrieren in der Wissenschaft attraktiver machen (Perspektive, Tenure Track), die (internationale) Mobilität von Wissenschaftler\_innen und Erfinder\_innen und den personellen Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft zu fördern.

These 7: Wer Industrie 4.0 will, sollte auf Europa bauen.

Europäische Kommission und Europäisches Parlament versuchen mit dem neuen Forschungsrahmenprogramm (Horizont 2020) auch die (Re-)Industrialisierung Europas zu flankieren. Daher scheint es ratsam, Systemlösungen in europäischen Netzwerken zu entwickeln, um dadurch auch weltweit eine noch stärkere Stellung einzunehmen. Für die Industrie 4.0 ließe sich Europa als Leitmarkt entwickeln. Ein Leitmarkt ist ein geografisch abgegrenzter Markt, der Innovationen durch günstige lokale Präferenzen und Rahmenbedingungen fördert. Erfolgreiche Anbieter treffen auf kritische Anwender und unterschiedliche Bedarfe. Nicht alles neu, sondern viel gemeinsam machen, lautet die Devise. Dann profitieren alle von den größeren Fallzahlen in europaweiten Forschungs- und Anwendungsprojekten, sammeln mehr Erfahrung, lernen voneinander und entwickeln gemeinsame Standards. Auch beim Thema Datenschutz und Datensicherheit (z. B. „europäische Cloud-Infrastrukturen“, „Digitaler Binnenmarkt“ oder europäischer Rechtsrahmen). Gerade in der Industrie 4.0 treffen zwei unterschiedliche Standardisierungsregime aufeinander: eines, das aus der stärker US-amerikanisch geprägten IT-Branche kommt; ein anderes, das stärker europäisch geprägt ist und sich dort vor allem im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau etabliert hat. Die spannende Frage wird sein, welches dieser Regime sich in der Industrie 4.0 durchsetzen wird.

Im Zweifelsfall entscheidet dabei auch die Größe des Marktes. Europa ist (noch) ein starker Industriestandort. Hier leben aber auch fast 800 Millionen Menschen – allein die 28 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union umfassen eine halbe Milliarde Einwohner\_innen. Deshalb sollte sich Europa auf seine Stärken besinnen – aber zugleich an Tempo und Intensität zulegen, um als Pionier die wichtigsten Felder frühzeitig zu besetzen. Die wirtschaftliche Integration bleibt eine der wesentlichen Stärken Europas. Daran lässt sich anknüpfen: vor allem an die Größe des Marktes. Eigentlich ein enormer Vorteil, wenn es um

das Setzen von Normen und Standards geht. Doch häufig werden diese Chancen nicht genutzt – die Akteure folgen noch zu oft ihren kurzfristigen, nationalen Interessen. Zudem lassen viele EU-Richtlinien nach wie vor einen erheblichen nationalen Ermessensspielraum zu (Enderlein/Pisani-Ferry 2014: 41f.). Das führt zu Fragmentierung und viel Klein-Klein. Gemeinsame Standards, Normen und Regeln könnten einen wichtigen Beitrag zu mehr positiver Integration und Kohäsion leisten. Und damit auch zu mehr Wachstum und sozialem Fortschritt.

These 8: Wer Industrie 4.0 will, muss auf Datenschutz und Datensicherheit setzen.

„Digitale Daten sind der wichtigste Rohstoff der Zukunft“ (Forschungsunion 2013). Datenschutz und Datensicherheit in einer digitalen Welt sind daher auch für die deutsche Forschungs- und Innovationspolitik zentrale Aufgaben. Aber Sicherheit und Sicherheitsforschung betreffen nicht allein technologische Themen. Sie stellen vielmehr ein gesellschaftspolitisches Anliegen dar, dessen Bedeutung sich über alle Handlungsfelder erstreckt (Bornemann 2014; Renn 2014). Denn Sicherheit und Datenschutz beginnen zunächst bei den Menschen. Beim reflektierten und kompetenten Umgang mit den (eigenen) Daten – und der entsprechenden technischen wie rechtlichen Absicherung. Dafür muss der Sicherheitsaspekt bereits in der Planung von Produkten, Geschäftsmodellen und Ausbildungsgängen als grundlegendes Element berücksichtigt werden. Ein Beispiel dafür ist die „Back door“-Problematik. Hier dürfen vor allem die sogenannten „generischen Enabler“ der Industrie 4.0 Plattformen keine Möglichkeiten zum Ausspähen von Daten durch die „Hintertür“ bieten. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik oder eine europäische Regulierungsbehörde könnten hier entsprechende Produkte und Dienstleistungen beispielsweise als „Back door“-frei zertifizieren – und dadurch möglicherweise weitere technische Innovationen induzieren. Hier sind Standards und gemeinsame europäische Regeln gefragt: Datensicherheit in der Wirtschaft, Urheberschutz, Schutz der Privatsphä-

re, das „Recht auf Vergessenwerden“ und vieles mehr (Enderlein/Pisani-Ferry 2014). In Summe kann die Politik die Entwicklungen im Bereich Datenschutz und Datensicherheit positiv flankieren, beispielsweise durch finanzielle Anreize für Entwicklung und Beschaffung von Sicherheitslösungen oder das Setzen von rechtlichen Normen (z. B. eine konkrete EU Datenschutz-Grundverordnung). Aber auch durch Informations- und Bildungsangebote, die bereits in der Schule beginnen.

These 9: Wer Großes (Industrie 4.0) will, muss vor allem an die Kleinen denken.

Bisher sind vor allem größere Unternehmen an Industrie 4.0 interessiert und beteiligt. Doch 99,6 Prozent der Unternehmen in Deutschland sind kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) (IfM 2014). Auffallend ist, dass KMU weniger in Forschung und Entwicklung investieren als große Unternehmen. Sie melden zudem weniger Patente an und entwickeln weniger technologische Innovationen (Maaß/Führmann 2012). Aber sie sind sehr kooperativ, stark in der Industrie vertreten und betätigen sich dort vor allem als Modernisierer (Prozessinnovationen). KMU sind sowohl Anbieter als auch Nachfrager und damit für die Diffusion von neuen Technologien und Praktiken der Industrie 4.0 entscheidend.

Es stellt sich also die Frage: Wie können mehr kleine und mittelständische Unternehmen beteiligt werden? Zunächst könnte die Innovationspolitik den Einsatz von IKT fördern – durch (in)direkte Beschaffung oder Aus- und Weiterbildungsangebote. Gerade der Bereich Cybersecurity (siehe oben, These 8) scheint vielversprechend für Nachfrage- wie Angebotsförderung. Zudem scheint Unterstützung bei der Standardisierung angebracht. Deutsche Unternehmen sind traditionell stark und weltweit führend beim Engagement in ISO- und anderen Standardisierungskomitees. IKT-Standards entwickeln sich aber häufig jenseits dieser Komitees. Daher sollten Verbände intensives Standard-Monitoring betreiben. Im Gegenzug könnte die Politik die Mitarbeit in IKT-relevanten Standard-Konsortien fördern. Industrie 4.0 bietet hier die Chance, KMU unterschiedlicher

Branchen zusammenzubringen. Weil sich in der Vergangenheit vor allem die IKT anwendenden Sektoren (Maschinenbau, Fahrzeugbau etc.) stark in der Entwicklung engagierten und diese Branchen traditionell mit starken Verbänden und Netzwerken ausgestattet sind, böte sich hier die Chance, diese Stärken auch in andere Sektoren (IKT, Dienstleistungswirtschaft) zu überführen, was die Standardsetzung enorm unterstützen könnte.

These 10: Wer systemische Innovationen will, sollte Koordination fördern.

Systeminnovationen wie die Industrie 4.0 zeichnen sich durch das Zusammenspiel von technologischer und sozialer Innovation aus. Hier kommen also technologische und soziale Aspekte zusammen und ermöglichen umfassendere, eingebettete Veränderungsprozesse. Dieses ganzheitliche Innovationsverständnis braucht damit auch ein umfassenderes Verständnis von Innovationspolitik. Dazu gehören Fragen der Forschungsfinanzierung, des Erkenntnistransfers aus der Wissenschaft in die Wirtschaft ebenso, wie Fragen nach der Förderung moderner und partizipativer Personalpolitik, der Effizienz des Wissenschaftssystems, der Internationalisierung, der Etablierung neuer Geschäftsmodelle, der Dienstleistungsforschung, der zukünftigen Organisation der Ar-

beitswelt und der gesellschaftlichen Akzeptanz neuer Technologien (Forschungsunion 2013). Die deutsche Innovationspolitik fokussiert traditionell sehr stark auf die Förderung technischer Innovationen und setzt dabei vor allem auf die Angebotsseite (sogenannter Technology Push). Sie sollte aber zudem stärker auf die Nachfrageseite vertrauen und die Entwicklung sozialer Innovationen fördern. Erst dann werden sich gute technische Ideen auch flächendeckend in unserem Alltag durchsetzen und für sozialen Fortschritt sorgen, z.B. für weniger Ressourcenverbrauch, mehr Qualifizierung, Weiterbildung und „Gute Arbeit“, bessere Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Eine soziale Innovationspolitik entsteht dann, wenn die technologische Innovation (Industrie 4.0/Digitalisierung) mit einem systemischen Politikansatz begleitet wird, der wichtige Beiträge aus anderen Politikbereichen aufnimmt und integriert. Dazu bedarf es mehr Koordination – über die Grenzen von Ministerien (z.B. BMWi, BMBF, BMVI, BMI, BMAS, BMG, BMFSFJ) und Politikebenen hinweg (Buhr 2014). Wie in der Wirtschaft ist auch hier Schnelligkeit gefragt. Aber eben nicht als hektisches Nebeneinanderher (und gewohnt intensives Kompetenzgerangel), sondern koordiniert, abgestimmt und einer Strategie folgend – mit dem Ziel einer möglichst breiten gesellschaftlichen Diffusion der Digitalisierung.

## 4. Fazit

---

Unternehmen werden künftig ihre Maschinen, Lagersysteme, Betriebsmittel, Mitarbeiter\_innen, Zuliefer- und Partnerunternehmen sowie ihre Kund\_innen in soziotechnischen Systemen (cyber-physischen Systemen) weltweit vernetzen. Damit steckt in der Industrie 4.0 enormes Potenzial: Individuelle Kundenwünsche können berücksichtigt und sogar Einzelstücke rentabel produziert werden; die Fertigung wird schneller und flexibler; das senkt den Ressourceneinsatz und erhöht die Produktivität. Auch die Produktivität der Mitarbeiter\_innen könnte sich dadurch erhöhen. Flexible Arbeitsmöglichkeiten würden es ihnen erlauben, Beruf und Privatleben besser miteinander zu kombinieren. Zeitlich, aber auch räumlich. Denn es ist durchaus vorstellbar, dass Teile der Fertigung wieder stärker (zurück) nach Deutschland und in die urbanen Räume verlagert werden könnten.

Auch wenn das Thema bisher sehr stark von der technischen Seite analysiert und vorangetrieben worden ist: Der Mensch ist Teil der dezentralen, sich selbst organisierenden Industrie 4.0. Seine Arbeit wird sich aber künftig in vielen Bereichen sehr verändern. Die Aufgaben werden komplexer, die Wertschöpfungsnetze dynamischer. Das erfordert ein hohes Maß an Flexibilität. Neue Lernhilfen sind gefragt – Assistenzsysteme, Roboter, E-Learning.

In der Industrie 4.0 erhöht sich der Bedarf an Erfahrungswissen und vernetztem Denken. Die Maschinen sind gut in der standardisierten Fertigung und assistieren Menschen, damit diese bessere Entscheidungen vorbereiten und fällen können. Zugespitzt: Die Menschen stellen die besseren Fragen – und die Maschinen sollten ihnen dabei helfen, bessere Antworten geben zu können. Dafür kommt auch dem Design (z. B. intuitive Bedienung) und der Kommunikation (in- und extern) eine zentrale Rolle zu.

So bietet die Industrie 4.0 großes Potenzial für digitale Innovationen, neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Das könnte insbesondere für Start-ups und Unternehmensgründungen große Chancen entfalten. Vielleicht ist es ja gerade die Unternehmensform des „Entrepreneurs“, die den Wettbewerbsvorteil des Menschen gegenüber den Maschinen am besten zur Geltung bringt (Bertelsmann Stiftung 2014: 6).

Welche Aufgaben stellen sich dabei für die Innovationspolitik? Viele. Laut Industrie 4.0-Index vermissen drei Viertel der befragten Unternehmen beim Thema Industrie 4.0 die entsprechende Unterstützung aus der Politik (Staufen 2014: 11). Es gilt also zu handeln. Dabei sollten die politisch Verantwortlichen jedoch versuchen, sowohl technische als auch soziale Innovationen zu fördern – und dabei die gesamte Klaviatur an Möglichkeiten in Erwägung ziehen, auf der Angebots- wie der Nachfrageseite. Dafür ist ein systemisches Verständnis von Innovationspolitik gefragt, hierzu gehören auch eine Strategie und deren koordinierte Umsetzung, damit aus der technologischen Innovation eine soziale Innovation wird und ein wichtiger Beitrag zum sozialen Fortschritt entstehen kann.

Konkret stellen sich also vielerlei Aufgaben für die Politik: Sie kann kollektives Lernen stimulieren – auch unter Einbezug nichtforschungsintensiver Betriebe –, damit neue Technologien und neues Wissen schneller diffundieren können. Innovationspolitik kann hier durch Wettbewerbe oder Anschubfinanzierung den Aufbau interdisziplinärer Projektverbünde und Kompetenzzentren fördern und den Transfer von Grundlagenforschung in die Anwendungsentwicklung unterstützen – durch Reallabore, Living-Labs und Demonstrationsfabriken. Das fördert die Kommunikation und Kooperation und bereitet den Nährboden für soziale und technische Inno-

tionen. Diese sind vor allem im Bereich Sicherheit und Datenschutz gefragt. Dabei könnte die Innovationspolitik bei Angebot und Nachfrage ansetzen, durch (in-)direkte Beschaffung, Information, Zertifizierungsstellen, Aufbau von sicherer Infrastruktur, Aus- und Weiterbildung etc. Zudem gilt es, Europa als Chance für die Industrie 4.0 zu begreifen. Als Leitmarkt, der das Potenzial hat, auch weltweit Standards zu setzen, auch bei Datenschutz und Datensicherheit (z. B. „europäische Cloud-Infrastrukturen“ oder europäischer Rechtsrahmen).

Ihre gesellschaftliche Nützlichkeit aber hat die Industrie 4.0 dabei noch unter Beweis zu stellen. Erst wenn die Entwicklungen in und um die Industrie 4.0 auch ihren gesellschaftlichen Mehrwert entfalten, wenn sich also neue Techniken und Regeln, Dienstleistungen und Organisationen in der breiten Gesellschaft verankern und erst wenn sich diese als „besser für die Menschen“ erweisen, haben wir die Potenziale der Industrie 4.0 erkannt und genutzt. Auf dem Weg dorthin sind koordinierte Schnelligkeit und aktive Politik gefragt. Politik, die fördert und fordert; die klare Regeln setzt, aber auch mit Mut in die Zukunft investiert.

## 5. Literatur

---

- Acatech; Arbeitskreis Smart Service Welt 2014: Smart Service Welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Berlin.
- Accenture 2014: Neue Geschäfte neue Wettbewerber: Deutschlands Top 500 vor der digitalen Herausforderung, Kronberg i.T.
- Acemoglu, Daron; Autor, David 2011: Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper 16082, Cambridge.
- Bertelsmann Stiftung 2014: Arbeit in der digitalen Welt: Jobless Growth und Cloudworking, Policy Brief 2014/03, Gütersloh.
- Bornemann, Dagmar 2014: Industrie 4.0: Vermessen und funktional – aber nicht revolutionär, Impulse, Managerkreis der Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin.
- Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew 2014a: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, New York.
- Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew; Spence, Michael 2014b: New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy, in: Foreign Affairs 93 (4), S. 44-53.
- Buhr, Daniel 2014: Soziale Innovationspolitik, WISO Diskurs, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.
- Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM); Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2014: Industrie 4.0: Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Berlin; Stuttgart.
- Cohen, Wesley M.; Levinthal, Daniel A. 1990: Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation, in: Administrative Science Quarterly 35 (1), S. 128-152.
- DZ Bank; GfK Enigma 2014: Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung: Bedeutung für den Mittelstand, Frankfurt a. M.; Wiesbaden.
- Enderlein, Hendrik; Pisani-Ferry, Jean 2014: Reformen, Investitionen und Wachstum: Eine Agenda für Frankreich, Deutschland und Europa, Berlin.
- Forschungsunion 2013: Perspektivenpapier der Forschungsunion: Wohlstand durch Forschung – Vor welchen Aufgaben steht Deutschland?, Berlin.
- Forschungsunion; Acatech 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Essen; Frankfurt a. M.; München.
- Franz, Hans-Werner 2010: Qualitäts-Management als soziale Innovation, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (Hrsg.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, S. 335-354.
- Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2013: Produktionsarbeit der Zukunft: Industrie 4.0, Stuttgart.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael O. 2013: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, Oxford.
- Ganz, Walter; Fraunhofer IAO 2014: Welche Rolle spielen die Dienstleistungen in der Industrie 4.0? Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 8.10.2014, Berlin.
- Hall, Peter A.; Soskice, David 2001: An Introduction to Varieties of Capitalism, in: Hall, Peter A.; Soskice, David (Hrsg.): Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage, Oxford, S. 1-68.

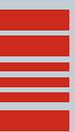
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2014: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt?, WISO direkt, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2010: Die ‚Hightech-Obsession‘ der Innovationspolitik, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (Hrsg.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, S. 71-86.
- Howaldt, Jürgen; Beerheide, Emanuel 2010: Innovationsmanagement im Enterprise 2.0: Auf dem Weg zu einem neuen Innovationsparadigma?, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (Hrsg.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, S. 355-370.
- Howaldt, Jürgen; Kopp, Ralf; Schwarz, Michael 2008: Innovationen (forschend) gestalten: Zur neuen Rolle der Sozialwissenschaften, WSI Mitteilungen 2/2008, S. 63-69.
- Institut für Mittelstandsforschung (IfM) 2014: Informationen zum Mittelstand aus erster Hand, Bonn.
- Klein, Michael; Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) 2014: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 21.5.2014, Berlin.
- Kurz, Constanze 2014: Mensch, Maschine und die Zukunft der Industriearbeit, Vortrag auf der Fachkonferenz Münchner Kreis „Maschinen entscheiden: vom Cognitive Computing zu autonomen Systemen“, 21.11.2014, München.
- Maaß, Frank; Führmann, Bettina 2012: Innovationstätigkeit im Mittelstand: Messung und Bewertung, in: Institut für Mittelstandsforschung Bonn (Hrsg.): IfM-Materialien Nr. 212, Bonn.
- Münchner Kreis 2013: Innovationsfelder der digitalen Welt: Bedürfnisse von übermorgen, Zukunftsstudie Münchner Kreis Band V, München.
- Picot, Arnold; Neuburger, Rahild 2014: Arbeit in der digitalen Welt: Zusammenfassung der Ergebnisse der AG 1-Projektgruppe anlässlich der IT-Gipfelprozesse 2013 und 2014, Hamburg; München.
- Plattform Industrie 4.0 2014: Industrie 4.0: Whitepaper FuE-Themen, [http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper\\_Forschung%20Stand%203.%20April%202014\\_0.pdf](http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014_0.pdf) (12.3.2015).
- PricewaterhouseCoopers (PwC) 2014: Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, München; Frankfurt a. M.
- Renn, Ortwin 2014: Das Risikoparadox: Warum wir uns vor dem Falschen fürchten, Frankfurt a. M.
- Roland Berger 2014: INDUSTRY 4.0: The New Industrial Revolution: How Europe Will Succeed, München.
- Staufen 2014: Deutscher „Industrie 4.0“ Index: Auf dem Weg zur Fabrik der Zukunft, Köngen.
- Stephan, Peter 2014: Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Arbeitswelt aus Sicht eines Anwenders, Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 12.11.2014, Berlin.
- Zapf, Wolfgang 1989: Über soziale Innovationen, in: Soziale Welt, 40 (1-2), S. 170-183.

## Der Autor

---

**Prof. Dr. Daniel Buhr**

lehrt Policy Analyse und Politische Wirtschaftslehre  
am Institut für Politikwissenschaft  
der Eberhard Karls Universität Tübingen.



## Neuere Veröffentlichungen der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik

Wirtschaftspolitik

**Sozialkapital zwischen Stabilität und Wandel  
Zum Einfluss von Wirtschaftskrisen und Konjunkturpolitik auf politisches und soziales Vertrauen**  
WISO direkt

Außenwirtschaft

**Brauchen Investitionen im TTIP Schutz?  
Überlegungen zum Investitionsschutz im  
Transatlantischen Freihandelsabkommen**  
WISO direkt

Außenwirtschaft

**Europäische Krise, Krisenpolitik und Solidarität**  
WISO direkt

Außenwirtschaft

**TTIP oder Transatlantische Währungs Kooperation?**  
WISO direkt

Nachhaltige Strukturpolitik

**Regionale Daseinsvorsorge  
Begriff, Indikatoren, Gemeinschaftsaufgabe**  
WISO Diskurs

Steuerpolitik

**Steuer- und Transferpolitik auf dem  
Weg in die Sackgasse – eine Analyse der  
Umverteilungswirkung**  
WISO Diskurs

Arbeitskreis Mittelstand

**Modernisierungsoptionen für die  
handwerkliche Selbstverwaltung**  
WISO direkt

Gesprächskreis Verbraucherpolitik

**Die Umsetzung der Energieeffizienz-Richtlinie  
unter Beachtung von Verbraucherinteressen**  
WISO direkt

Arbeitskreis Innovative Verkehrspolitik

**Kommunikationsstrategien zur Beeinflussung  
von Gesetzesinitiativen  
Am Beispiel des Luftverkehrssteuergesetzes**  
WISO Diskurs

Gesprächskreis Sozialpolitik

**Psychisch krank in der Pflege – Psychische  
Belastungen durch den Beruf, Möglichkeiten  
zu Prävention und Rehabilitation**  
WISO direkt

Gesprächskreis Sozialpolitik

**Soziale Sicherung unter dem Brennglas  
Altersarmut und Alterssicherung bei  
Beschäftigten im deutschen Sozialsektor**  
WISO Diskurs

Gesprächskreis Arbeit und Qualifizierung

**Zukunftsaufgabe Weiterbildung  
Stand der Debatte und internationale  
Anknüpfungspunkte zur Entwicklung  
einer Arbeitsversicherung**  
WISO Diskurs

Arbeitskreis Arbeit-Betrieb-Politik

**Humanisierung der Arbeit braucht Forschung**  
WISO direkt

Arbeitskreis Dienstleistungen

**Gesellschaftlich notwendige Dienstleistungen –  
gestalten und finanzieren**  
WISO Diskurs

Gesprächskreis Migration und Integration

**Den demografischen Wandel durch Migration  
gestalten – Möglichkeiten, Grenzen, Zukunftsperspektiven**  
WISO direkt

Volltexte dieser Veröffentlichungen finden Sie bei uns im Internet unter

[www.fes.de/wiso](http://www.fes.de/wiso)

