

Hartmut Hirsch-Kreinsen

Industrie 4.0 als Technologieversprechen

Soziologisches Arbeitspapier Nr. 46 /2016

Herausgeber

Prof. Dr. H. Hirsch-Kreinsen

Prof. Dr. J. Weyer

Prof. Dr. M. Wilkesmann

Industrie 4.0 als Technologieverprechen

Hartmut Hirsch-Kreinsen

Arbeitspapier Nr. 46 (Juni 2016)

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

is.wiso@tu-dortmund.de

www.wiso.tu-dortmund.de/TS

www.wiso.tu-dortmund.de/IS

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät

Technische Universität Dortmund

D-44221 Dortmund

Ansprechpartnerin:

Britta Tusk, e-mail: is.wiso@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

1. Vorbemerkung	3
2. Zur Genese des Industrie 4.0-Diskurses	4
2.1 „Expectation statement“	5
2.2 Setting einer kollektiven Agenda	7
2.3 Strukturierter Handlungskontext.....	9
3. Semantik des Technologieversprechens	12
3.1 Unausweichlichkeit	13
3.2 Weit reichende ökonomische Chancen.....	14
3.3 Gesellschaftspolitische Legitimität	15
3.4 Generalisierung von Einzelfällen	15
3.5 Günstiges Timing und anschlussfähiger Begriff.....	16
4. Ambivalenzen des Technologieversprechens	18
4.1 Industrie 4.0 als Technikutopie	18
4.2 Gegenstimmen: Skepsis, Kritik und Befürchtungen	20
5. Perspektiven	24
Literatur.....	26

Zusammenfassung

Thema des vorliegenden Papiers ist, den deutschen Diskurs über Industrie 4.0 in Hinblick auf seine Genesebedingungen und Entwicklungsperspektiven zu erhellen sowie seine absehbare Reichweite einzuschätzen. Dabei wird auf innovationstheoretische und diskursanalytische Interpretationsansätze zurückgegriffen. Diskutiert werden drei Thesen: Erstens hat Industrie 4.0 den Charakter eines überaus attraktiven Technologieversprechens über aussichtsreiche zukünftige technologische, aber auch damit verknüpfte gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven. Daran orientieren sich Erwartungen und zunehmend aufeinander abgestimmtes Handeln unterschiedlichster Akteure. Zweitens setzt dies eine semantische Architektur des Technologieversprechens voraus, die durch Generalisierung und Dekontextualisierung ein hohes Maß an Anschlussfähigkeit des Industrie 4.0-Diskurses ermöglichen. Drittens weist das Technologieversprechen einen ambivalenten Charakter auf. Einerseits gewinnt es mit seiner weitreichenden Generalisierung geradezu technikutopischen Charakter. Andererseits aber verschaffen sich auch zunehmend skeptische Stimmen und kritische Positionen Gehör und betonen soziale Risiken und negative gesellschaftliche Konsequenzen. Abschließend wird die Vermutung formuliert, dass der Industrie 4.0-Diskurs absehbar den Verlauf eines typischen technologischen „Hype cycle“ nehmen wird.

Abstract

This paper is dealing with the German discourse on Industry 4.0 and it is asked for the conditions of its genesis and its development prospects. It refers to innovation theoretic and discourse analytical approaches. Three theses are discussed: First, industry 4.0 has the character of a promising technology based on the premise that advances in digital technologies will bring about new and positive technological, economic and social prospects. That is the point of reference for expectations and co-ordinated activities of heterogeneous actors. Second, the precondition for this is a semantic architecture of the promising technology that allow through generalization and decontextualization a high degree of societal acceptance of the industry 4.0-discourse. Third, the technological promise has an ambivalent character. On the one hand it shows a character of a techno-utopia with its far-reaching generalization. On the other hand linked to this discourse there are increasingly skeptical and critical positions emphasizing social risks and negative social consequences. Finally, the assumption is formulated that the Industry 4.0-discourse foreseeable take the course of a typical technological "hype cycle".

1. Vorbemerkung

Das Schlagwort Industrie 4.0 prägt seit einigen Jahren nicht nur intensiv die politische und wissenschaftliche Debatte über die Zukunft des industriellen Sektors in Deutschland, sondern unter dieser Überschrift wurden und werden inzwischen eine Vielzahl von industrie- und forschungspolitischen FuE-Maßnahmen angestoßen. Die dazu vorgelegten programmatischen Publikationen sowie einschlägige Tagungen, Kongresse und Messen sind inzwischen kaum mehr überschaubar. Die grundlegende Perspektive dieses Diskurses ist, dass neue Anwendungspotenziale digitaler Technologien völlig neue Formen der Produktion und des Absatzes industrieller Güter eröffnen, so dass von einer absehbaren vierten industriellen Revolution gesprochen werden könne. Zwar steht dieser Diskurs im Kontext der internationalen Debatte über die gegenwärtig neue Qualität, die Perspektiven und die Konsequenzen der Nutzung digitaler Technologien, die auch als „Second Machine Age“ und „Internet of Things“ bezeichnet werden. Jedoch weist er zugleich mit seinem dominanten Fokus auf industrielle Prozesse einen ausgeprägt nationalspezifischen Charakter auf. Angesichts der Intensität der Debatte und der öffentlichen Resonanz auf diese Thematik in Deutschland drängt sich geradezu die Frage auf, ob es sich bei dem Diskurs um Industrie 4.0 und Digitalisierung wirtschaftlicher Prozesse nicht nur um einen Hype, sondern einen gesellschaftlichen Megatrend handelt (z. B. Pfeiffer 2015).

An diese Diskussion knüpft die vorliegende Argumentation an, die sich auf die deutsche Debatte um Industrie 4.0 bezieht und die internationale Digitalisierungsdebatte eher am Rande und vergleichend thematisiert. Ziel ist es, den Diskurs über Industrie 4.0 in Hinblick auf seine Genesebedingungen und Entwicklungsperspektiven zu erhellen sowie seine absehbare Reichweite einzuschätzen. Ausgangspunkt hierfür sind die folgenden drei Thesen:

Die *erste These* ist, dass Industrie 4.0 den Charakter eines überaus attraktiven Technologieversprechens über aussichtsreiche zukünftige technologische, aber auch damit verknüpfte gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven hat. Daran orientieren sich Erwartungen und zunehmend aufeinander abgestimmtes Handeln unterschiedlichster Akteure. Damit entsteht eine Diskursarena mit einem hohen Maß an Handlungsverbindlichkeit, die es vorher nicht gegeben hat.

Die *zweite These* ist, dass der Prozess der Genese einer Diskursarena eine semantische Architektur des Technologieversprechens und Diskursmechanismen voraussetzt, die durch Genera-

lisierung und Dekontextualisierung das beobachtbare hohe Maß an breit gestreuter Anschlussfähigkeit des Industrie 4.0-Diskurses ermöglichen.

Die *dritte These* ist, dass das Technologieversprechen einen ambivalenten Charakter aufweist. Einerseits gewinnt es mit seiner weitreichenden Generalisierung geradezu technikutopischen Charakter. Andererseits aber verschaffen sich auch zunehmend skeptische Stimmen und kritische Positionen Gehör und betonen soziale Risiken und negative gesellschaftliche Konsequenzen. Verschiedentlich wird von einer drohenden gesellschaftlichen Dystopie in Folge der Digitalisierung gesprochen.

Die empirische Basis der folgenden Argumentation sind zum einen Informationen, die im Rahmen einer mehrjährigen und laufenden Begleitung des Industrie 4.0-Diskurses auf den unterschiedlichsten Ebenen von Politik und Unternehmen gewonnen worden sind. Zum zweiten basiert die Argumentation auf einer Auswertung von Dokumenten und Internetquellen zum Industrie 4.0-Diskurs, einer darüber hinausgehenden und laufenden Literaturrecherche sowie eigenen Experteninterviews im Rahmen laufender Forschungsprojekte zu Industrie 4.0.

2. Zur Genese des Industrie 4.0-Diskurses

Die These, dass Industrie 4.0 als Technologieversprechen Ausgangspunkt für ein zunehmend abgestimmtes Handeln heterogener Akteure ist, lässt sich mit dem Rückgriff auf das Konzept der „promising technology“ aus der sozialwissenschaftlichen Innovationsforschung begründen. Mit diesem Konzept wird, auch unter dem Rubrum „sociology of expectations“, nach den Koordinationsmechanismen im Verlauf von Technikentwicklung und letztlich nach den Konstitutionsbedingungen neuer Technologiefelder gefragt (z. B. van Lente 1993; van Lente/Rip 1998; Bender 2005; Borup et al. 2006; Hahn 2013). Die Vertreter dieses Konzepts entwerfen ein Modell von Technologieentwicklung, das den Prozess einer zunehmend stabileren Wechselwirkung zwischen der Genese sozialer Ordnungsstrukturen und der fortlaufenden Präzisierung technologischer Entwicklungsperspektiven thematisiert (Bender 2005: 173). Das Konzept lässt sich analytisch grob in drei aufeinanderfolgende Prozessschritte gliedern: Erstens die Formulierung von programmatischen Entwicklungsperspektiven, die sie als *expectation statement* bezeichnen; zweitens der sich daran anschließende Entwurf einer *kollektiven Agenda*, die das Handeln der beteiligten und interessierten Akteure zunehmend strukturiert; drittens gerinnt dieser Interaktionszusammenhang schrittweise zu einem relativ *stabilen Handlungskontext* mit spezifisch neuer Logik und normativer Verbindlichkeit. Resümiert man den Industrie 4.0-

Diskurs in dieser konzeptionellen Perspektive, so lassen sich die folgenden Schritte und Zwischenschritte unterscheiden.

2.1 „Expectation statement“

Der Ausgangspunkt des laufenden Diskurses über Industrie 4.0 ist ein Zukunftsentwurf wirtschaftlicher Entwicklung, der technologisch begründet die Potentiale wie die Notwendigkeiten eines strukturverändernden gesellschaftlichen Wandels prognostiziert. Konstatiert wird nichts weniger, als dass sich die industrielle Entwicklung gegenwärtig an der Schwelle zu einer neuen, vierten Industriellen Revolution befindet, die von dramatisch sich entwickelnden Nutzungsmöglichkeiten digitaler Produktionstechnologien getrieben wird (Abbildung 1).

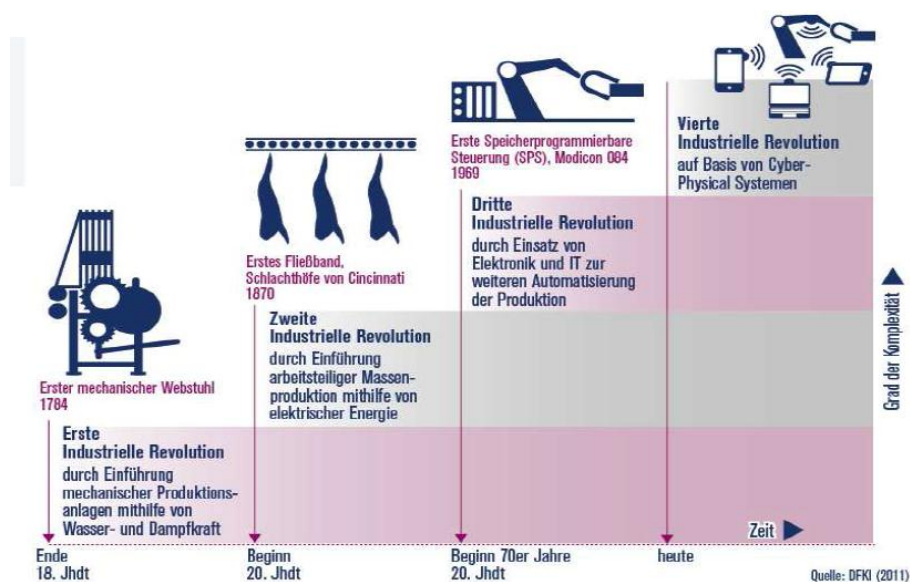


Abb. 1: Zur Vision Industrie 4.0 (Quelle: DFKI)

Diese Vision wurde erstmals einer größeren Fachöffentlichkeit im Rahmen der Hannover Messe im Frühjahr 2011 vorgestellt. Als die Erfinder dieses Begriffs gelten der Präsident der Akademie für Technikforschung (acatech) Henning Kagermann, ein ehemaliger hochrangiger Manager eines IT-Unternehmens, der Informatikprofessor Wolfgang Wahlster sowie ein hochrangiger Politikvertreter, ein Abteilungsleiter des BMBF Wolf-Dieter Lukas. Sie avisieren einen industriellen „Paradigmenwechsel“ für Deutschland auf der technologischen Basis sog. Cyber-Physischer-Systeme, der unabdingbar vollzogen werden muss. Denn „sich als Produktionsstandort auch in einer Hochlohnregion behaupten zu können, wird zunehmend zu einer Schlüsselfrage im globalen Wettbewerb.“ (Kagermann et al. 2011)

Vorausgegangen war dieser Stellungnahme eine Empfehlung des damaligen zentralen innovationspolitischen Beratungsgremiums der deutschen Bundesregierung, der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft, Anfang des Jahres 2011 das „Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ im Rahmen ihrer innovationspolitischen „High-Tech“-Strategie zu fördern (Forschungsunion 2012). Getragen von engen personellen Verflechtungen entwickelte zeitlich parallel dazu die Akademie für Technikforschung das Thema weiter und initiierte eine ganze Reihe den weiteren Diskurs begleitende und zumeist vom BMBF finanzierte Vorstudien und Gutachten, mit denen vor allem in technologischer Hinsicht die Vision Industrie 4.0 begründet und ausformuliert wurde (z. B. Broy 2010; acatech 2011; Geisberger/Broy 2012).

Seit 2011 verbreiterte sich die an dem Diskurs beteiligte Akteurskonstellation kontinuierlich und der Begriff Industrie 4.0 gewann schnell über die einschlägige Fachöffentlichkeit hinaus eine hohe Prominenz. Indikatoren hierfür sind, dass dieses Thema zunehmend Messen dominierte, das Thema bei Unternehmen steigendes Interesse fand, der Diskurs durch die Einrichtung verschiedenster Gremien strukturiert wurde (s. u.) und vor allem auch die bis heute schnell wachsende Zahl einschlägiger Tagungen und Kongresse sowie eine unübersehbare Zahl von Berichten auch der Tagespresse bis hin zu Lokalzeitungen.

Folgt man dem Konzept der „promising technology“, so ist die Fokussierung individueller und heterogener Interessen auf die technologische Vision und ihre Möglichkeiten, die Präzisierung der Vision im eigenen Interesse zu beeinflussen eine konstitutive Voraussetzung für den Diskurs. Als zentrale Bestimmungsgröße ist erkennbar, dass dabei drei divergente Interessenstränge konvergieren: Der eine Strang ist das Interesse der angewandten Informatikwissenschaften, einen bestimmenden Einfluss auf die produktionstechnologische und industrielle Entwicklung zu nehmen. Die Legitimation hierfür sehen die Informatiker in der schnell wachsenden Bedeutung des sog. Internets der Dinge und der Möglichkeit, dieses Konzept für den industriellen Bereich nutzbar zu machen (z. B. acatech 2011: 5ff.). Der zweite Strang ist das Interesse innovationspolitischer Akteure, zunächst vor allem aus dem BMBF, die nach neuen politisch attraktiven Innovationsideen suchten. Immer wieder wurde bei produktionstechnologischen Tagungen u. ä. geklagt, dass in den Jahren zuvor innovative „Leuchttürme“ gerade bei industriell orientierten FuE-Vorhaben und Innovationsprojekten fehlten. Ganz offensichtlich fanden nun die Politikvertreter mit der Vision Industrie 4.0 den lange erträumten Innovationsleuchtturm. Der dritte Strang sind Unternehmensinteressen, die nach anfänglichen Vorbehalten zunehmend im Industrie 4.0-Diskurs an Bedeutung gewannen. Vor allem handelt es sich dabei um große Unternehmen aus der Investitionsgüterindustrie, die mit Industrie 4.0 auf einen Innovationsschub setzen. Strukturell gesehen, begann sich in dieser Entwicklungsphase

die bisherige Akteurskonstellation im deutschen industriellen Innovationssystem zu verschieben. Die traditionelle Dominanz des Maschinenbaus und der Ingenieurwissenschaften wurde durch die sehr stark IT-initiierte Industrie 4.0-Vision doch deutlich abgeschwächt. Es entstand eine paradoxe Situation. Zwar haben die Ingenieurwissenschaften seit langer Zeit die Entwicklung IT-basierter produktionstechnologischer Systeme vorangetrieben, jedoch konnten sie diese ganz offensichtlich innovationspolitisch und öffentlichkeitswirksam nicht sonderlich überzeugend präsentieren. Dies gelang hingegen den Informatikern mit dem Konzept Industrie 4.0. Ein interviewter Experte brachte diese Situation auf den Punkt: Industrie 4.0 „... hat ja ... Schlagkraft, weil da eine Geschichte erzählt wird ... man hat damit einfach einen Nerv getroffen, weil die ‚Produktioner‘ diese Story nicht gut erzählt haben. Aber die Idee von Industrie 4.0 kommt aus der IT.“

2.2 *Setting einer kollektiven Agenda*

Es entstand auf diese Weise eine Diskursarena, die in den Jahren seit 2011 von einer kontinuierlichen Ausweitung durch die Beteiligung einer zunehmenden Zahl von Akteuren, ihrer inhaltlichen Präzisierung und thematischen Ausdifferenzierung gekennzeichnet war. Dem Konzept der „promising technology“ folgend lässt sich dieser Prozess als die Genese einer kollektiv anerkannten Agenda verstehen, an der sich das weitere Handeln der Akteure orientiert. Der zentrale Mechanismus hierfür ist, dass das expectation statement eine fortschreitende Präzisierung und Ausdifferenzierung in Teilthemen erfährt und zukunftsweisende Szenarien eine wachsende Bedeutung erhalten (Hahn 2013). Den Akteuren wird dadurch eine spezifische Rolle und Funktion im zunehmend arbeitsteilig strukturierten Entwicklungszusammenhang zugewiesen und sie erhalten auf diese Weise ein „Mandat“, das Ursprungskonzept kontinuierlich weiterzuentwickeln. Zugleich aber wird ihnen die soziale Verpflichtung auferlegt, möglichst bald überzeugende und nutzbare Ergebnisse ihrer Diskussion zu liefern (Borup et al. 2006: 291).

Der Diskurs über Industrie 4.0 wies im Zeitraum zwischen 2011 und 2013 einen Verlauf auf, der in seinen Grundzügen stark diesem Modell ähnelte. Wie durchaus kritische beteiligte Beobachter konstatieren, kann diese Phase als ein „erfolgreiches Agenda Building von zunehmender Intensität und Wirkmacht“ angesehen werden (Pfeiffer 2015a). Ein wesentlicher Aspekt dieser Phase war, dass das BMBF einen „Arbeitskreis Industrie 4.0“ einsetzte (o. V. 2016). Mitglieder dieses Arbeitskreises waren Vertreter FuE-intensiver IT- und Technologieunternehmen, Ingenieurwissenschaftler und Informatikwissenschaftler, Vertreter von Wirtschaftsverbänden und des DGB sowie das BMBF und das BMWI. Die Arbeit dieses Arbeitskrei-

ses war dabei thematisch in verschiedene Arbeitsgruppen untergliedert und folgt man der Auffassung von beteiligten Experten, so trug dieser Arbeitskreis sehr maßgeblich zu einer inhaltlichen Klärung zentraler Begrifflichkeiten und damit auch zur Entwicklung einer weithin akzeptierten Terminologie und Sprache bei. Begleitet wurde dieser Prozess des Agenda Setting von einer zunehmenden Vielfalt öffentlichkeitswirksamer Aktivitäten, Publikationen und Konferenzen.

Entscheidend für das Agenda-Setting waren dann allerdings konkrete wirtschafts- und industriepolitische Handlungsempfehlungen dieses Arbeitskreises, die die folgenden Entwicklungsschritte zentral stellten (Forschungsunion 2012; Kagermann 2013). Diese Empfehlungen übergab der Arbeitskreis in einem weit rezipierten Bericht unter dem Titel „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ den beteiligten Ministerien auf der Hannovermesse 2013 (Forschungsunion/acatech 2013). Diese Messe stand unter dem unter dem Label „Integrated Industry“.

Bei den vorgeschlagenen Maßnahmen ging es zum einen um generelle Aktivitäten, die die inhaltliche und konzeptionelle Weiterentwicklung der Vision Industrie 4.0 zum Gegenstand hatten. Angeregt wurde die Entwicklung von Technologie-Roadmaps, der Entwurf branchenübergreifender Referenzarchitekturen für die angestrebten IT-Lösungen sowie vor allem Maßnahmen, um die Kompetenzen der IT- und Fertigungsbranche zusammenzuführen. Zum Zweiten wurde die Notwendigkeit angesprochen, Fragen der Sicherheit und des internationalen Vergleichs zu bearbeiten. Zum Dritten wurden die schnelle Einrichtung von staatlich geförderten Industrie 4.0-Kompetenzzentren und ein Aufbau von Demonstrationsfabriken empfohlen, um die Vision zugleich auf ihre Leistungs- und Funktionsfähigkeit zu konkretisieren und einen Wissenstransfer in die Breite anzustoßen. Als generelles Ziel gehe es, so damals Kagermann, um den „Aufbau einer Industrie 4.0 Community“. Zum Vierten wurde empfohlen, diese Maßnahmen durch Forschungsprogramme der beteiligten Ministerien zu fördern; so wurde schon im Herbst 2012 vom BMWI das FuE-Förderprogramm „Autonomik für Industrie 4.0“ aufgelegt, mit dem konkrete Entwicklungen neuer Produkte und Prozesstechnologien angestoßen werden sollten (BMW 2012). Schließlich wurde vorgeschlagen, die bisherigen Industrie 4.0-Aktivitäten organisatorisch fest zu etablieren. Angestrebt wurde eine „Plattform Industrie 4.0“ einzurichten, die durch die an der bisherigen Arbeit beteiligten Wirtschaftsverbände des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der IT-Industrie getragen und durch das BMBF zu Teilen gefördert werden sollte. Diese Plattform sollte die bisherige Arbeit professionalisieren, systematisieren und vor allem die Unternehmensbeteiligung über die Wirtschaftsverbände kontinuierlich verbreitern.

2.3 Strukturierter Handlungskontext

Indem diese Umsetzungsempfehlungen zu größeren Teilen realisiert wurden, gerann der Diskurszusammenhang schrittweise zu einem relativ stabilen Handlungskontext mit als verbindlich angesehenen Zukunftsperspektiven. Die Voraussetzung hierfür war, dass sich über die skizzierten programmatisch definierten Rollen und Arbeitsteilung hinaus, eine stabile Netzwerkstruktur der beteiligten Akteure und insgesamt ein strukturierter Handlungskontext eigener Logik und von besonderer Qualität herauszubilden begann.

Dieser Handlungskontext wurde spätestens 2013 erkennbar, an dem die vorgeschlagene „Plattform Industrie 4.0“ eingerichtet wurde. Die Wirtschaftsverbände BITKOM, VDMA und ZVEI schlossen im April 2013 dazu eine Kooperationsvereinbarung ab, zudem war von Anbeginn an faktisch und später auch offiziell der DGB und die IG Metall an dieser Plattform beteiligt. Daneben waren große technologie-intensive Unternehmen sowohl aus der klassischen Investitionsgüterindustrie als auch aus der IT-Industrie wie Bosch, Siemens, Festo, IBM und SAP von Anbeginn an beteiligt. Zugleich eröffneten verschiedene thematisch fokussierte Arbeitsgruppen, etwa zu den Themen IT-Sicherheit, Referenzarchitektur Industrie 4.0 oder Innovation und Forschung einer zunehmenden Zahl von betrieblichen und wissenschaftlichen Experten eine kontinuierliche Mitarbeit. Die Zielsetzung dieser Plattform wurde wie folgt formuliert: „Das wichtigste Ziel der Plattform Industrie 4.0 ist es die Vision Industrie 4.0 ...in Richtung Industrie voranzutreiben. Damit soll Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort gesichert und ausgebaut werden.“ (BITKOM et al. 2015) Mehr noch, erkennbar wurden zugleich weitreichende gesellschaftliche Perspektiven, wenn die Bundesregierung in einem Zukunftsszenario für 2025 eine „breite fachliche und gesellschaftliche Diskussion“ über die Chancen anstoßen will, die sich mit Industrie 4.0 für die Zukunft der Industrie sowie den Wohlstand und die Beschäftigung ergeben (BMBF 2014). Allerdings wurde bald Kritik an der Arbeit der Plattform Industrie 4.0 geübt. Mit dem Verweis auf die drohende US-amerikanische Konkurrenz des Industrial Internet Consortiums kritisierten vor allem Unternehmen die langwierigen Prozesse und wenig konkreten Ergebnisse der Plattform (z. B. Zühlke 2015). Das Ergebnis dieser Intervention war eine Restrukturierung der Plattform, die nun ab Beginn des Jahres 2015 – in noch größerem Maßstab als zuvor – unter der gemeinsamen Leitung von zwei Bundesministerien sowie einer viel intensiveren Beteiligung von Unternehmen fortgeführt wurde (Abbildung 2). Vor allem schließen die Aktivitäten der Plattform bis heute Informations- und Transferaktivitäten ein, die auf eine Verbreiterung, ja Popularisierung der positiven Perspekti-

ven von Industrie 4.0 zielen und mit denen der interessierten Öffentlichkeit erfolgreiche Industrie 4.0-Unternehmensfälle, auch als „use cases“ bezeichnet, präsentiert werden.¹

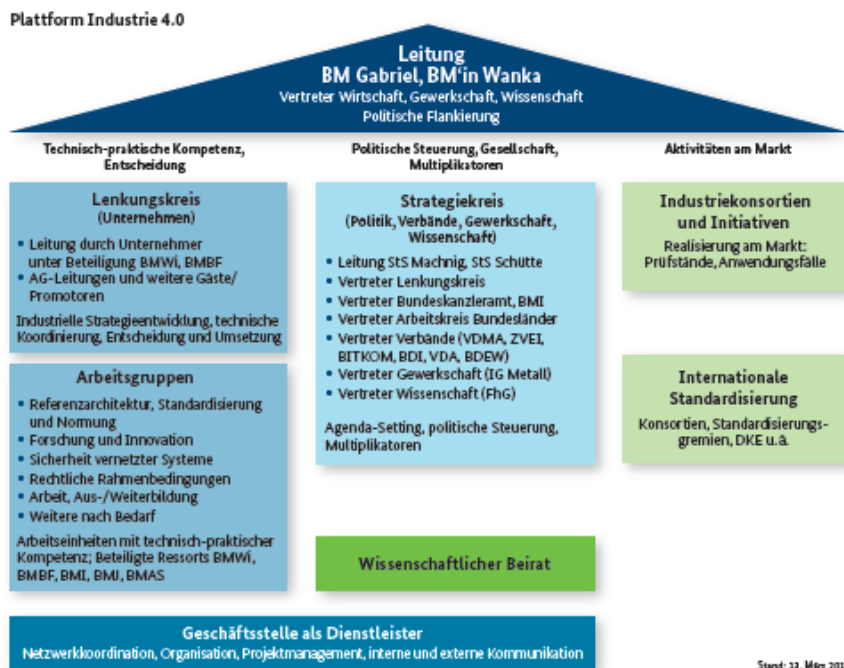


Abb. 2: Plattform Industrie 4.0 (Quelle: BMWI)

Weitgehend unabhängig davon wurde eine Vielzahl, im Einzelnen kaum zu überschaubarer, weiterer innovationspolitischer Maßnahmen und Aktivitäten auf den unterschiedlichsten Ebenen angestoßen und durchgeführt. Ein interviewter Experte charakterisierte diese Situation als „schillernde Vielfalt“ von Industrie 4.0-Aktivitäten. Sie erweiterten die Diskursarena und den Handlungskontext deutlich, indem sie neue Akteure interessierten und zugleich die laufenden Prozesse der Vernetzung unterschiedlichster Akteure intensivierten.² Zu nennen sind hier zunächst Aktivitäten auf der nationalen Ebene: Zum einen wurde das Thema Industrie 4.0 seit 2014 vom jährlich stattfindenden sog. IT-Gipfel der Bundesregierung aufgegriffen, womit einmal mehr die gesellschaftspolitische Bedeutung dieser Vision von der höchsten Politikebene unterstrichen werden sollte (z. B. Nationaler IT-Gipfel 2015). Zum zweiten wurde im Zeitraum seit Ende 2014 auf Bundesebene eine Vielzahl von Förderprogrammen für Industrie 4.0-orientierte FuE-Maßnahmen von verschiedenen Ministerien gestartet (z. B. BMBF 2014). Zu

¹ Hier ist insbesondere die online zugängliche „Landkarte Industrie 4.0“ (<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Karte/karte.html>) zu nennen.

² Damit sind naturgemäß zugleich mehr oder weniger erkennbare Konkurrenzbeziehungen verbunden. Unübersehbar sind vor allem Kompetenzstreitigkeiten zwischen verschiedenen Bundesministerien über die Zuständigkeiten für das Themenfeld Digitalisierung (Weingartner 2016).

nennen sind hier beispielsweise das Programm der industriebezogenen Produktions- und Arbeitsforschung des BMBF, die Förderung einschlägiger IT-Forschung, die Förderung produktionstechnologischer Spitzencluster und im Jahr 2015 die Förderung mittelstandsbezogener Maßnahmen des Wissenstransfers, die die Einrichtung sog. Kompetenzzentren Industrie 4.0 einschließen (BMWI 2015a). Zum dritten fand in den Jahren seit 2014 auf der nationalen Ebene weiterhin eine Vielzahl von in der Regel völlig ausgebuchten Kongressen und Tagungen statt, die das Thema Industrie 4.0 in unterschiedlichster Perspektive aufgegriffen haben.

Darüber hinaus wurden auf der subnationalen Ebene einzelner Länder und auf regionalen Ebenen Industrie 4.0-Aktivitäten gestartet. Zu nennen ist hier zunächst die Einrichtung (bzw. ihr Ausbau in Richtung Industrie 4.0-Anwendungen) von sog. Muster- bzw. Lernfabriken an verschiedenen wissenschaftlichen Instituten und Universitäten, die Demonstrations- und Experimentiercharakter haben (z. B. DFKI 2015). Darüber hinaus gewinnen zunehmend landespolitische Aktivitäten Relevanz im Industrie 4.0-Diskurs. Besonders ins Auge fallen die Aktivitäten im hoch industrialisierten Land Baden Württemberg, die als „Allianz Industrie 4.0“ bezeichnet werden (Allianz Industrie 4.0 2015). Daneben können die Aktivitäten im Land Nordrhein Westfalen angeführt werden, wo im Januar 2015 mit einer Regierungserklärung der digitale Wandel und seine gesellschaftliche Chancen hochrangig thematisiert wurde. Das Credo der Landespolitik hat unverkennbar eine weitreichende gesellschaftspolitische Perspektive. Denn, so in einer Regierungserklärung, Digitalisierung und die mit ihr angestoßenen Veränderungen bieten Chancen und können „in den Dienst des Menschen“ gestellt werden (Kraft 2015). Schließlich fand und findet auf regionaler und auch einzelbetrieblicher Ebene eine inzwischen schier unübersehbare Zahl von Industrie 4.0 Veranstaltungen statt. Es handelt sich dabei beispielsweise um Workshops und Tagungen, die von örtlichen IHKs, Einrichtungen der Wirtschaftsförderung oder auch regionalen Gliederungen von Wirtschaftsverbänden, Gewerkschaften, politischen Stiftungen und auch Bildungseinrichtungen ausgerichtet werden.

Insgesamt wird damit die Vision Industrie 4.0 nicht nur im wirtschafts- und innovationspolitischen, sondern auch im gesellschaftspolitischen Diskurs fest verankert. Zugleich etabliert sich damit auch eine bislang in der Weise nicht vorhandene Wissensdomäne, mit der sich relativ bald die angedeuteten FuE-Aktivitäten verknüpft haben und die vor allem in strategischer Absicht von maßgeblichen Unternehmen der Investitionsgüter- und IT-Industrie kontinuierlich weiter entwickelt wird. Aus deren Sicht bietet Industrie 4.0 nicht nur die Chance, die eigenen Prozesse durchgreifend zu modernisieren und zu rationalisieren, sondern es geht, wie angesprochen, auch um die Sicherung und Ausweitung der Position der deutschen Kernindustrien

auf dem Weltmarkt. Ganz offensichtlich haben seitdem sehr viele Unternehmen den Diskurs aufgegriffen.

Zugleich eröffnete der durch die Plattform Industrie 4.0 konstituierte Handlungskontext hinreichend Raum dafür, dass spezifische und bislang nicht berücksichtigte Themen und Interessen eingebracht werden konnten. Ein Beispiel hierfür ist das Thema Arbeit, das zunehmend an Relevanz im Kontext eines ursprünglich sehr technisch dominierten Kontextes gewann. Beobachtbar ist ein koordiniertes Handeln einer größer werdenden Zahl heterogener Akteure, das sich einerseits an dem zunehmend konkreteren Rahmen orientierte und orientiert, dessen Resultate aber keineswegs antizipierbar waren und bis heute sind. Folgt man dem Konzept der „promising technology“, sind freilich koordiniertes Entwicklungshandeln und technische Ergebnisse keinesfalls primäres Resultat eines Masterplans einer steuernden Instanz, sondern letztlich emergentes Ergebnis der Interaktion verteilter und heterogener Akteure innerhalb eines zunehmend strukturierten Handlungsraumes (Bender 2005: 183). Dieser Effekt lässt sich nicht zuletzt auch mit einem rekursiv wirkenden Koordinationsmechanismus erklären, den die Autoren als „expectations requirements cycle“ gefasst haben (van Lente/Bakker 2010): Die formulierten Chancen und Perspektiven wurden zunehmend von einflussreichen Akteuren anerkannt, so dass das technologische Versprechen immer stärker einen normativen Handlungsdruck erzeugte. Es wurde damit eine Handlungssituation geschaffen, in der es besonderer Gründe bedurfte, die sich bietende Chance *nicht* zu nutzen (Bender 2005: 175). Dies galt und gilt besonders für eine wachsende Zahl von interessierten Unternehmen wie aber auch für politische Akteure verschiedenster Provenienz. Industrie 4.0-Aktivitäten gelten ganz offensichtlich als Ausweis einer zukunftsweisenden Strategie.

3. Semantik des Technologieversprechens

Insgesamt zeigt der Industrie 4.0-Diskurs eine ausgeprägte Dynamik gepaart mit einer fortlaufenden Strukturierung der Aktivitäten der technologischen Entwicklung. Das Technologieversprechen hat die Funktion eines Leitmotivs für die unterschiedlichsten Aktivitäten der heterogenen Akteure auf den vielfältigen sozialen und politischen Ebenen. Freilich ist dies sehr voraussetzungsvoll. Wie eingangs mit der zweiten These formuliert, erfordert dieser Prozess eine semantische Architektur des Technologieversprechens und der Diskursmechanismen, die durch Generalisierung und Pauschalisierung ein hohes Maß an breit gestreuter Anschlussfähigkeit ermöglichen.

Voraussetzung hierfür ist eine semantische Architektur des Technologieversprechens, die – folgt man Alfred Kiesers instruktiver diskurstheoretisch orientierter Analyse der „Moden und Mythen“ des Managements (Kieser 1996) – durch kommunikative Generalisierungen, De-Kontextualisierung, unabweisbare Aktualität, Quantifizierbarkeit und alltagsweltliche Relevanz gekennzeichnet werden kann. Vereinfachungen und Generalisierungen erleichtern die pointierte Vermittlung des Konzepts, indem sie vor allem den Bezug zu den Erfahrungen vieler Akteure und schon existierenden Diskursen über zukünftig notwendige industrielle und auch gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven herstellen (Dickel/Schrape 2015: 453). Mehr noch, mit dem Verweis auf technologisch lösbare gesellschaftliche Herausforderungen wird zugleich an die allgemeinpolitische Debatte über die gesellschaftliche Weiterentwicklung angeknüpft und es werden damit diskursive Anschlussmöglichkeiten für Akteure jenseits der zunächst angesprochenen Fachöffentlichkeit eröffnet. Im Hinblick auf den Industrie 4.0-Diskurs lassen sich eine ganze Reihe von Besonderheiten der semantischen Architektur des „expectation statements“ Industrie 4.0 hervorheben.

3.1 Unausweichlichkeit

Ausgangspunkt des Diskurses über Industrie 4.0 ist die als treibende Kraft des zukünftigen gesellschaftlichen Wandels angesehene Entwicklung digitaler Technologien. Vielfach geteilte Auffassung ist, dass der Einfluss dieses Faktors auf Grund eines in der letzten Zeit stattgefundenen Technologieschubs geradezu unausweichlichen Charakter hat. In genereller Perspektive wird immer wieder betont, dass nun die extrem leistungsfähigen Technologien der Tablets und der Smartphones im Begriff seien auch und endlich in die Welt der Fabriken zu diffundieren. Insbesondere gilt dabei die Vernetzung der virtuellen Computerwelt mit der physischen Welt der Dinge durch den Einsatz von „Cyber-physischen Systemen (CPS)“ als zentrale Entwicklungsperspektive. Auf CPS basierende Produktionssysteme sollen in der Lage sein, sich je nach externen Anforderungen weitgehend eigenständig und autonom zu steuern, zu optimieren und zu konfigurieren (Broy 2010; Forschungsunion/acatech 2013; Reinhart et al. 2013). Dieses neue Automatisierungsniveau basiert auf der laufenden Selbstoptimierung intelligenter dezentraler Systemkomponenten und ihre autonome Anpassungsfähigkeit an sich wandelnde externe Bedingungen auf den Absatzmärkten, in der Produktions- und Lieferkette oder von Umwelanforderungen, die in Echtzeit erfolgen soll (acatech 2011: 23).

3.2 *Weit reichende ökonomische Chancen*

Interesse und Erwartungen verschiedenster Akteure werden darüber hinaus von durch die neuen technologischen Potentiale in Aussicht gestellten, geradezu sprunghaften ökonomischen Verbesserungen geweckt. Generelles Ziel des Konzepts ist es, wachsende Flexibilitätsanforderungen der Absatzmärkte, eine zunehmende Individualisierung der Produkte, kürzer werdende Produktlebenszyklen sowie eine steigende Komplexität der Prozessabläufe und Produkte automatisierungstechnologisch zu bewältigen (z. B. Forschungsunion/acatech 2013).

Fasst man die verschiedenen Stellungnahmen, Kommentare und vor allem auch Vortragsstatements von Unternehmensvertretern, Wissenschaftlern und vor allem auch Politikern zusammen, so werden sehr weitreichende Erwartungen auch in quantitativer Hinsicht erkennbar. Beispielsweise wird in einer weit rezipierten Studie von einem durch Industrie 4.0 ermöglichten Wirtschaftswachstum für Deutschland in Höhe von 78 Mrd. Euro bis 2025 ausgegangen, wobei einzelnen Branchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau Wachstumsraten von bis zu 30 Prozent prognostiziert werden (Bauer et al. 2014). Ein ähnliches Beispiel ist eine Untersuchung der Unternehmensberatung PWC. Ihr zu Folge können innerhalb von fünf Jahren nach der Einführung von Industrie 4.0-Systemen Produktivitätssteigerungen von rd. 18 Prozent und Umsatzsteigerungen pro Jahr von zwei bis drei Prozent erwartet werden. Danach ergeben sich hochgerechnet in der gesamten Industrie pro Jahr Umsatzzuwächse von 30 Mrd. Euro (PWC 2014). Verwiesen wird darüber hinaus darauf, dass im Jahr 2014 schon knapp ein Fünftel der Industrieunternehmen Schlüsselprozesse digitalisiert habe und in fünf Jahren dies 85 Prozent aller Unternehmen sein werden. Die Botschaft solcher Zahlen ist eindeutig: Wer mitmacht, wird nahezu zwangsläufig Erfolg haben und große Gewinne einfahren können.

Zudem wird in diesem Kontext unisono auf die drohende Konkurrenz großer internationaler digitaler Konzerne und die Entwicklungsanstrengungen anderer Länder verwiesen, die die Digitalisierung schon weit vorangetrieben hätten. So wird die Gefahr heraufbeschworen, dass große Konzerne wie Google auf Grund ihrer Big-Data-Fähigkeiten über kurz oder lang auch im industriellen Bereich eine marktbeherrschende Position einnehmen würden und deutsche Industriebetriebe zu Zulieferbetrieben degradiert würden. Darüber hinaus wird unisono auf die Anstrengungen vor allem von China und den USA in Hinblick auf die Entwicklung industriell nutzbarer digitaler Technologien hingewiesen. Daher dürfe, so das Argument, bei Strafe ihres drohenden Bedeutungsverlustes die deutsche Industrie die Digitalisierung keineswegs verschlafen. Verstärkt wird diese Sicht der Unausweichlichkeit der Entwicklung mit dem pessimistischen Hinweis darauf, dass Deutschland schon wesentliche Entwicklungsstufen der digitalen

Entwicklung „verschlafen“ habe und daher jetzt umso größere Anstrengungen erforderlich würden (z. B. Cole 2015).

3.3 Gesellschaftspolitische Legitimität

Weit über die interessierte Fachöffentlichkeit hinaus wird öffentliches Interesse von in Aussicht gestellten Lösungsmöglichkeiten gesellschaftlicher Probleme und Herausforderungen durch Industrie 4.0 geweckt. So wird die Steigerung der Ressourceneffizienz der industriellen Produktion durch Industrie 4.0 angesprochen, um die wachsende Ressourcenknappheit zu bewältigen. Darüber hinaus wird stets unterstrichen, dass Industrie 4.0 geradezu zwangsläufig zu sicheren Arbeitsplätzen, guter Arbeit, anspruchsvollen Jobs und einer deutlichen Verbesserung der Work-Life-Balance führen werde. Mit Industrie 4.0 eröffneten sich danach zugleich Möglichkeiten, den Fachkräftemangel bewältigen und längerfristig auch die demografischen Probleme beherrschbar machen zu können (z. B. Kagermann 2014). Als zentrale Voraussetzung hierfür werden die Möglichkeiten der digitalen Technologien gesehen, Bildungs- und Ausbildungsprozesse zu effektivieren und vor allem auch zielgruppenspezifisch ausgestalten zu können (z. B. Barner et al. 2015).

Gesellschaftspolitisch weist dabei die Vision Industrie 4.0 aber eine überraschende Janusköpfigkeit auf. Einerseits stellt sie die traditionelle industrielle Produktion ins Zentrum der Vision. Es handelt sich um jenen Wirtschaftssektor, der bis vor einigen Jahren in der öffentlichen Debatte als zunehmend vernachlässigbare Old Economy gegenüber einer aufstrebenden New Economy und der Wissensgesellschaft galt. Andererseits wird postuliert, dass die neuen digitalen Technologien diesem traditionellen Sektor einen Entwicklungsschub verleihen werden, der hohe Lösungspotentiale und Zukunftsperspektiven aufweist. Insofern wird eine Verschmelzung der zukunftsweisenden Perspektiven der „New Economy“ mit denen der industriellen „Old Economy“ avisiert. Nicht zuletzt wird damit an die hohe öffentliche Wertschätzung des industriellen Sektors in der öffentlichen Meinung angesichts der erfolgreichen Maßnahmen der Krisenbewältigung nach 2008 angeknüpft.

3.4 Generalisierung von Einzelfällen

Zudem wird die Notwendigkeit, die neuen Technologien möglichst umfassend und schnell einzuführen, durch den ständigen und intensiven Verweis auf offensichtlich in dem Feld Industrie 4.0 schon erfolgreiche Unternehmen, unterstrichen. So werden in der einschlägigen Debatte Unternehmensfälle wie z. B. das Siemenswerk in Amberg, die Wittenstein AG oder der Werk-

zeugmaschinenbauer Trumpf als technologisch führend und als ökonomisch besonders erfolgreich hervorgehoben und daher als Orientierungsgröße für das jeweils eigene unternehmerische Handeln präsentiert. Diese scheinbar erfolgreichen Unternehmensfälle drängen daher zu einer intensiven Beschäftigung mit den neuen technologischen Möglichkeiten, oftmals weniger unter den Aspekten von Leistungssteigerung als vielmehr auch unter dem Aspekt der Legitimation. Denn man will Zukunftsrisiken vermeiden, nicht als unmodern gelten und es ist schwierig zu begründen, warum man dem Trend nicht Folge leistet.³

Freilich wird im einschlägigen Diskurs nicht verhehlt, dass eine schnelle Digitalisierung von Unternehmen und die Umsetzung der Vision Industrie 4.0 in der Praxis auch mit großen Schwierigkeiten verbunden sein wird. Es wird von doch recht langen Zeiträumen der Diffusion der digitalen Technologien ausgegangen, die Rede ist von einem Zeitraum von bis zu 10 Jahren. Zugleich aber wird auf den disruptiven Charakter der Innovation verwiesen, der einen nachhaltigen und risikoreichen Wandel technisch-organisatorischer Unternehmensstrukturen, insbesondere die Einführung neuer Geschäftsmodelle nach sich ziehe (Forschungsunion/acatech 2013). Daher gilt die erfolgreiche Bewältigung dieser Herausforderungen als Ausweis eines erfolgreichen Managements wie auch einer zukunftsweisenden Innovations- und Gesellschaftspolitik. Denn, wie gezeigt, winken letztlich hohe Gewinne und ein gesellschaftlicher Modernisierungsschub und es werden bei den Interessierten große Erwartungen in Hinblick auf den ökonomischen und sozialen Nutzen geweckt.

3.5 Günstiges Timing und anschlussfähiger Begriff

Die Erwartung, dass die digitalen Technologien nachhaltige Lösungsmöglichkeiten für soziale und ökonomische Herausforderungen bieten und vor allem auch Potentiale für einen wünschenswerten gesellschaftlichen Wandel mit sich bringen, wirkt nur dann überzeugend, wenn das Timing stimmt. Wie Kieser es formuliert, die Vision muss den „Nerv der Zeit“ treffen (Kieser 1996: 26). Wie schon angedeutet, trifft dies für den Industrie 4.0-Diskurs in mehrfacher Weise zu: Zum einen ist er in hohem Maße anschlussfähig an die schnell wachsende generelle gesellschaftliche Fokussierung auf digitale Technologien und Internet und die vorherrschende Überzeugung, dass es sich hierbei um einen gesellschaftliche Megatrend handelt. Zum zweiten wird, durchaus ähnlich wie während der „dot.com-Phase“ der späten 1990er, auf den außerordentlichen Erfolg und den wachsenden Einfluss der großen Internetkonzerne verwiesen.

³ Organisationssoziologisch gesehen kann man diese Handlungsweise als Angleichung von Unternehmensstrukturen durch mimetische Isomorphismenmechanismen fassen (z. B. Hasse/Krücken 1999).

Diesen gelte es nicht nur nachzueifern, sondern auch der schon angesprochenen Furcht vor einer wachsenden Abhängigkeit der deutschen Industrie von Google et al. durch einen schnellen Digitalisierungsschub entgegenzuwirken. Ähnlich wie viele Managementmoden der vergangenen Jahrzehnte zeichnet sich die Vision Industrie 4.0 durch eine „raffinierte Mischung von Einfachheit und Mehrdeutigkeit“ aus. Ihre Überlegenheit erscheint einfach, klar und überzeugend und ist nur schwer bestreitbar (ebd.: 24).

Abgestützt wird diese generelle Anschlussfähigkeit durch den Namen des Konzepts (Kieser 1996: 27). Wie schon angesprochen ist der Terminus „Industrie 4.0“ eine meisterliche PR-Leistung, die ohne Beispiel ist. Denn, wie gezeigt, prägt er seit mehreren Jahren die industrie- und gesellschaftspolitische Debatte nicht nur in Deutschland, sondern zunehmend auch in anderen wichtigen Industrieländern wie China.⁴ Für eine schnell zunehmende Zahl wissenschaftlicher, industrieller und politischer Akteure wurde damit eine völlig neue Perspektive industrieller Entwicklung eröffnet und es wird ein Modernisierungsschub – eben die vierte Revolution – industrieller Entwicklung suggeriert. Den in diesem Feld schon aktiven Unternehmen wird damit unbestreitbar eine zukunftsweisende und führende Rolle attestiert und die Innovationspolitik findet damit ihren weit in die allgemeine gesellschaftspolitische Debatte hinein vermittelbaren „Leuchtturm“ als Ausweis besonderer politischer Leistungsfähigkeit und Zukunftsorientierung. Der Verweis auf die vierte industrielle Revolution als erstrebenswerte Perspektive kontrastiert damit zu Rückständigkeit und Gefährdung. Eine überaus breite Anschlussfähigkeit wird zudem dadurch gewährleistet, dass der Diskurs weitgehend von konkreten Techniken abstrahiert und mit Industrie 4.0, wie beschrieben, eine Vielzahl sehr unterschiedlicher digitaler Technologien angesprochen wird. Es ergeben sich daher Anschlussmöglichkeiten für Unternehmen verschiedener Strukturbedingungen und Technikanforderungen und für weitere Akteure mit sehr divergierenden Technikvorstellungen. Der zentrale Teil dieses Diskurses ist eine informatikbestimmte Erzählung mit weit in die Zukunft reichenden Versprechungen. Nicht zufällig wird dies auch in dem 2015 erschienen Memorandum der „Plattform Industrie 4.0“ betont. Hervorgehoben wird, dass ein „attraktives Narrativ“ und „gemeinsam getragene Botschaften“ aller beteiligten Akteure die Voraussetzung dafür seien, dass Medien und Öffentlichkeit die Bedeutung und die Chancen der digitalen Transformation für Deutschland verstehen (BMWI 2015: 5).

⁴ Freilich ist diese Vision nicht ausschließlich eine deutsche Idee. Vielmehr liefen seit mehreren Jahren parallele Diskurse oftmals unter dem Label „advanced manufacturing“ im internationalen Bereich, vor allem in den USA.

4. Ambivalenzen des Technologieversprechens

Resümiert man den Zeitraum seit ca. 2011, so kann zwar von einer fortschreitenden Präzisierung, Koordination und Strukturierung des Industrie 4.0-Diskurses und der Vision gesprochen werden. Jedoch sind bislang, sieht man einmal von den erwähnten „Musterfabriken“ ab, nach allen vorliegenden Befunden nur wenige konkrete Entwicklungsvorhaben realisiert worden. Auch bleiben, wie skizziert, die technologischen Perspektiven bisher vage und lassen sich nur selten auf konkrete Techniken fokussieren. Bislang ist nicht erkennbar, dass sich Industrie 4.0 als fest gefügtes sozio-technisches Feld mit einer konkreten neuen Technologie oder als paradigmatisch zu erachtenden neuen technologischen Komponenten im Kern etabliert hat.

Industrie 4.0 ist vielmehr bislang als Prozess einer „produktiven Kommunikation“ anzusehen, der soziotechnische Entwicklungsperspektiven aufzeigt und zugleich gesellschaftliche Entwicklungsperspektiven thematisiert, ja popularisiert (Dickel/Schrape 2015: 455 ff.). Erzeugt wird eine hohe gesellschaftspolitische Aufmerksamkeit, ein Horizont möglicher Zukünfte wird aufgespannt und vielen Akteuren werden Entscheidungsorientierungen über zukünftige Handlungsweisen an die Hand gegeben; Komplexität wird auf diese Weise reduziert. Dies trifft besonders für Unternehmen zu, die neue Formen des Technikeinsatzes und neue Geschäftsmodelle entwickeln wollen. Dies trifft etwa auch für die Wissenschaft zu, die neue Forschungsfelder erkennt und sich Fördermöglichkeiten erschließen will.

Allerdings weist, wie eingangs als These formuliert, das Technologieversprechen durchaus einen ambivalenten Charakter auf. Einerseits gewinnt es mit seinen weitreichenden Generalisierungen und De-Kontextualisierungen geradezu technikutopischen Charakter. Andererseits aber verschaffen sich auch zunehmend skeptische Stimmen und kritische Positionen Gehör und betonen soziale Risiken und negative gesellschaftliche Konsequenzen. Diese Ambivalenz lässt sich wie folgt zeigen:

4.1 *Industrie 4.0 als Technikutopie*

Wie die Semantik des Industrie 4.0-Diskurses deutlich macht, werden mit dieser Vision vor allem auch Lösungsmöglichkeiten drängender gesellschaftspolitischer Herausforderungen verknüpft. Der Diskurs und die Vision von Industrie 4.0 beschränken sich nicht allein auf technologische Perspektiven, vielmehr werden zugleich explizit gesellschaftliche Zukunftserwartungen formuliert (BMW 2015). Mit dem Industrie 4.0-Diskurs verbindet sich vielfach eine ungebrochene Wachstums- und Fortschrittsperspektive (Pfeiffer 2015a). Auf Grund dieses Nexus

von technologischen Potentialen und positiv konnotiertem gesellschaftlichen Wandel ist Industrie 4.0 weit mehr als nur ein technologisches „expectation statement“, vielmehr wird mit der Vision Industrie 4.0 oftmals eine weit in die Zukunft weisende gesellschaftliche Perspektive verbunden. Es ist daher nicht übertrieben festzuhalten, dass der Industrie 4.0-Diskurs gesellschaftspolitisch gesehen in weiten Zügen einen ausgeprägten technikoptimistischen, ja durchaus technikutopischen Charakter aufweist. Mit dem Begriff der Technikutopie wird dabei an einen historisch weit zurückreichenden Gesellschaftsdiskurs angeknüpft, der einen Ursprung in den klassischen Sozialutopien des 19. Jahrhunderts hat, in denen sich Gesellschaftskritik und gesellschaftlicher Gegenentwurf miteinander verbinden. Eine Spielart dieser Gesellschaftsvisionen ist ihr enger Technologiebezug. Gegenwärtig, so lässt sich auch der Industrie 4.0-Diskurs interpretieren, erlebt Technikutopie als „Form der sozialen Konstruktion von Zukunft“ eine neue Blütezeit, die etwa mit der Ära der 1950er und 1960er Jahre mit ihrem Fokus auf die neuen Möglichkeiten der Raumfahrt und den Potentialen der Atomenergie vergleichbar ist (Dickel/Schrage 2015: 442). Greifbar wurde dies vor allem auch am wissenschaftlichen und politischen Diskurs über die aufkommende Wissens- bzw. Informationsgesellschaft. Genereller formuliert, die schnelle Entwicklung von „High-Tech“ offeriert ganz offensichtlich wachsende und für viele Beteiligte plausible Lösungswahrscheinlichkeiten für drängende gesellschaftliche Probleme (Segal 2005: 166).

In dieser Perspektive lässt sich auch das Technologieversprechen Industrie 4.0 verorten. Wie skizziert, wird davon ausgegangen, dass sich mit der Einführung der digitalen Technologien die Chance verbindet, absehbare und zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen nachhaltig zu bewältigen und damit in eine neue Phase ökonomisch prosperierender gesellschaftlicher Entwicklung einzutreten. Zitate wie „Hunderttausende neuer Arbeitsplätze geschaffen“, „Noch nie war Bildung so leicht zugänglich. Und noch nie hat Bildung so viel Spaß gemacht“ oder „Die Vernetzung macht die Expertinnen und Experten schneller und schlauer. Und das hilft uns in allen Lebensbereichen“ belegen die gesellschaftspolitische Utopie, die mit Industrie 4.0 verbunden wird (BMW 2016). Auch wird vielfach mit sehr positiver Konnotation ganz pauschal ein nachhaltiger und positiver Wandel der Arbeitswelt prognostiziert. Beispielsweise werden mit dem Verweis auf Google und dem Silicon Valley die dort anzutreffenden Formen digitalisierter vernetzter, hoch flexibler, autonomer und selbstbestimmter sowie kreativer Wissensarbeit als der Arbeitstypus der Zukunft generalisiert (Weinberg 2016). Genannt seien hier stellvertretend für eine Vielzahl von Autoren die Ausführungen von Henning Kagermann, einer der maßgeblichen Vertreter der Vision von Industrie 4.0 in Deutschland, dem zufolge Mitarbeiter in Zukunft weniger als „Maschinenbediener“ eingesetzt werden, „sondern mehr in der Rolle

des Erfahrungsträgers, Entscheiders und Koordinators [...] die Vielzahl der Arbeitsinhalte für den einzelnen Mitarbeiter nimmt zu“ (Kagermann 2014: 608).

Mehr noch, davon ausgehend werden mit der fortschreitenden Digitalisierung bislang nicht gekannte Demokratisierungspotentiale der gesellschaftlichen Entwicklung verbunden. Diese werden zum einen in Hinblick auf erhofften Wandel von Unternehmen, zum anderen auch in Hinblick auf die gesamte Gesellschaft gesehen. Für Unternehmen eröffnen sich danach bislang nicht gekannte Potentiale, die Mitarbeiter systematisch am internen Entscheidungsprozess zu beteiligen, Partizipation und Mitsprache der Beschäftigten digital gestützt sehr deutlich zu erweitern – Stichwort ist hier „Liquid Democracy“ – oder auch Chancenfairness für alle Unternehmensmitarbeiter gleichermaßen durchzusetzen (z. B. Sattelberger et al. 2015). In Hinblick auf gesellschaftliche Trends wird die Entstehung einer neuen gesellschaftlichen Handlungsebene durch Digitalisierung prognostiziert. Damit werde nicht nur ein „regelrechter Produktivkraftsprung“ eingeleitet, sondern „Menschen können in diesem neuen Raum kommunizieren, gemeinsam arbeiten und lernen, Ideen entwickeln, Wissen teilen und Erfahrungen austauschen oder einfach zusammen ‚abhängen‘. (Boes et al. 2015: 62)

Ganz ohne Frage wird mit dieser Vision der digitalen Zukunft einmal mehr ein „roseate picture of a post-industrial wonderland“ (Webster/Robins 1986: 20) gezeichnet. Oder in anderer Formulierung: „Information technology we are told, holds the promise of wealth, global democracy and political participation“ (Jeffcote 2003: 8).⁵ Zugespitzt kann daher auch von der „digitalen Revolution als neue Religion“ gesprochen werden (von Becker 2016).

4.2 Gegenstimmen: Skepsis, Kritik und Befürchtungen

Der Industrie 4.0-Diskurs wird allerdings auch zunehmend von Skepsis über die Realisierbarkeit der Vision und Befürchtungen über negative soziale Konsequenzen geprägt. So werden die Realisierbarkeit von Industrie 4.0 angezweifelt und die als überzogen angesehenen ökonomischen Erwartungen in Frage gestellt. Mit zugespitzten Formulierungen wie „Industrie 4.0 – der große Selbstbetrug“ wird auf den bislang weithin unkalkulierbaren Aufwand der Realisation von Industrie 4.0 vor allem für mittlere und kleinere Betriebe hingewiesen (Maier/Student 2015). Die Kritiker gehen davon aus, dass besonders kleinere und mittlere Unternehmen auf Grund ihrer knappen Ressourcen noch auf lange Sicht mit der Einführung digitaler Technolo-

⁵ In noch generellerer Perspektive werden ähnliche Perspektiven beispielsweise unter Überschrift „Digitale Aufklärung“ mit dem Internet generell verknüpft (Urchs/Cole 2013).

gien überfordert sein werden. Vor allem wird das für digitale Technologien verfügbare Finanzierungsbudget in den allermeisten mittleren und kleineren Unternehmen als „überschaubar gering“ angesehen, das auch in den kommenden Jahren nur wenig ansteigen werde (Agiplan et al. 2015, S. 133). Nicht zufällig gab daher bei einer Befragung von mittleren Betrieben über die Bedeutung der Digitalisierung ein gutes Drittel an, das Thema sei für sie derzeit überhaupt nicht relevant; bei kleinen und mittleren Betrieben waren es sogar 70 Prozent (Maier/Student 2015). Darüber hinaus wird von vielen Unternehmensvertretern auf das bislang bestenfalls in Ansätzen angegangene Problem der Datensicherheit verwiesen. Vielfach wird die die Furcht vor unkontrollierbarem Missbrauch, Manipulation und Diebstahl von vernetzten Datenbeständen geäußert und es werden damit Skepsis und Aversionen gegen über dem Technologieversprechen begründet.

Ähnlich kritisch äußern sich Experten in Hinblick auf den Innovationsgrad des Konzepts Industrie 4.0. So fragt mancher Beobachter, ob mit der gegenwärtigen Debatte nicht „Alter Wein in neuen Schläuchen“ aufgegossen werde (Jasperneite 2012). Begründet wird diese Frage mit dem Hinweis, dass sich Industrie 4.0 nur schwer von Vorläuferkonzepten IT-gestützter Produktionstechnologien abgrenzen lasse und man daher aktuell kaum von einem Technologiesprung oder gar einer neuen vierten industriellen Revolution sprechen könne. So wird auf die bis in die 1990er Jahre zurückreichende vor allem US-amerikanische Debatte über das „Internet der Dinge“ und das damals von Kevin Ashton erstmals vorgestellte Konzept Vernetzung zwischen virtueller und realer Welt verwiesen. Der Begriff „Cyber-Physical Systems wurde erstmals Mitte der 2000er zur Diskussion gestellt“ (ebd.: 25). Darüber hinaus wird angemerkt, dass Industrie 4.0 an Produktionskonzepte einer Vernetzung der Datenbestände aus den 1980ern anknüpft. Diese wurden in den letzten Jahrzehnten unter dem bekannten Stichwort Computer Integrated Manufacturing (CIM) diskutiert und in den 1980er und 1990er Jahren zumindest teilweise realisiert. Technologisch gesehen sind Gemeinsamkeiten zwischen dem CIM-Konzept und Industrie 4.0 in der Tat unübersehbar. Der Gedanke, eine informationstechnische Integration von Produktion und Logistik über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg und die Verknüpfung der virtuellen mit der realen Produktionsebene zu realisieren, wurde schon bei CIM vorweggenommen (Menez et al. 2016). Ebenso wurde schon damals das auch für Industrie 4.0 gültige ökonomische Ziel formuliert, Wertschöpfungsprozesse anpassungsfähig zu gestalten, Einzelleistungen rentabel zu produzieren und flexibel auf Störungen reagieren zu können (Brödner 2015: 238). Zwar wurde CIM auf Grund technologischer Barrieren, insbesondere der damaligen zentralistischen Rechnerstrukturen kaum realisiert, jedoch wird nun davon ausgegangen, dass auf Grund der neueren technologischen Entwicklung diese früheren Ideen tatsächlich umgesetzt werden können. Nicht überraschend ist daher auch,

dass gerade der frühere „CIM-Papst“ A. W. Scheer eine Kontinuität technologischer Entwicklung betont (Scheer 2013). Aus den gleichen Gründen wird von anderen Experten die Innovativität dessen, was unter Industrie 4.0 verstanden wird, als nur begrenzt angesehen. So seien nicht nur die Konzepte nicht neu, sondern man könne auch bis heute keine wirklich weitreichenden Fortschritte bei der industriellen Nutzung neuer intelligenter Systeme erkennen. Festgehalten wird daher: „So entpuppt sich die ‚vierte industrielle Revolution‘ vor allem als eine Revolution der Worte..., bei freilich enorm gesteigerter Leistung der Digitaltechnik, die früher außer Reichweite liegende Anwendungen möglich macht.“ (Brödner 2015: 239). Folgt man diesen Argumenten, so ist Industrie 4.0 weniger als treibendes Moment einer neuen industriellen Revolution, denn als Ausdruck einer pfadabhängigen Weiterentwicklung früherer technologischer Konzepte zu verstehen.

Neben diesen technologisch begründeten Einwänden gewinnen im laufenden Diskurs auch zunehmend Fragen nach den Risiken für Arbeitsprozesse und möglichen negativen Konsequenzen für Tätigkeiten und Qualifikationen im Diskurs über Industrie 4.0 an Bedeutung. Einen Hinweis auf die Relevanz dieses Themas hierauf gibt u. a. der seit dem Frühjahr 2015 laufende Diskussionsprozess „Arbeit 4.0“ beim Bundesministerium für Arbeit, in dessen Verlauf die Bedingungen für wünschenswerte und neue Formen „guter“ digitaler Arbeit erarbeitet werden sollen (BMAS 2015). Generell werden in diesem Kontext beispielsweise Gefahren der Dequalifizierung, ein deutlich erhöhtes Kontrollpotential, eine forcierte Flexibilisierung und Prekarisierung von Arbeit, ein wachsendes Stresspotential und die Gefahr eines Arbeitsplatzabbaus thematisiert (z. B. IG Metall 2013; Kuhlmann/Schumann 2015). Ganz im Gegensatz zu den erwähnten positiven ökonomischen Prognosen sind die Befürchtungen weitreichender Arbeitsplatzverluste Gegenstand einer intensiven öffentlichen Debatte und einer zunehmenden Anzahl von Studien. Ein wichtiger Bezugspunkt dieser Debatte ist die breit rezipierte Studie von Frey und Osborne (2013), in deren Zentrum die Aussage steht, dass perspektivisch rund die Hälfte aller Berufe (47%) des US-amerikanischen Studie Arbeitsmarktes in die High-Risk-Kategorie fallen, d. h. zukünftig automatisiert werden könnten. Die bildet die Folie für weitere, zumeist digitalisierungskritische Analysen und Diskussionsbeiträge zur Übertragbarkeit auf andere Länder und Regionen, die zum Teil erhebliche Substitutionseffekte vermuten.⁶ Daher nimmt die Frage nach möglichen Arbeitsverlusten in der öffentlichen Debatte über Industrie 4.0 einen zunehmenden Stellenwert ein und konterkariert ganz offensichtlich die technikoptimistischen Perspektiven von Industrie 4.0.

⁶ Zu einer Zusammenfassung dieser Studien vgl. Ittermann et al. (2016).

Schließlich sind in diesem Kontext auch ausgesprochen gesellschaftskritische Positionen anzuführen. Diese beziehen sich allerdings weniger auf den Industrie 4.0-Diskurs, als auf generell unerwünschte gesellschaftliche Folgen der Digitalisierung. Ein zentrales Thema ist hier die Befürchtung, dass Vernetzung, Big Data und Plattformtechnologien nicht nur zu einer massiven Steigerung der wirtschaftlichen Macht der bekannten Internetkonzerne führen, sondern politisch völlig unkontrollierbar für Überwachungsmaßnahmen genutzt werden können. Bedroht seien damit nicht nur die Freiheit des Einzelnen, sondern letztlich die ganzer Gesellschaften (z. B. Hofstetter 2014; Zuboff 2014; Roßnagel/Richter 2016). Gesprochen wird auch von einem drohenden technologischen Totalitarismus⁷ und einer Gesellschaftsformation, die als „Surveillance Capitalism“ bezeichnet wird (Zuboff 2016). Im Zusammenhang mit der fortschreitenden Nutzung von Plattformen zur Organisation global verteilter Arbeit stehen auch Befürchtungen, dass feste Arbeitsverhältnisse zunehmend und unkontrollierbar durch prekäre Beschäftigung ersetzt werden. Als gesellschaftspolitisch nicht akzeptable Konsequenzen werden hier nicht nur der Verlust eines stabilen Einkommens und der sozialen Absicherung der Beschäftigten gesehen, sondern diese mögliche Entwicklung wird auch als Bedrohung für den Sozialstaat und seiner auf dauerhaften Arbeitsverhältnissen beruhender Finanzierungsbasis angesehen (z. B. Hill 2015).

Weitere kritische Argumente thematisieren die wachsende Autonomie der technologischen Systeme. Die Befürchtung ist, dass intelligente Robotersysteme und selbstfahrende Automobile in Bereiche eindringen, die bislang allein unter der Kontrolle menschlichen Handelns und Verantwortlichkeiten standen und dabei völlig außer Kontrolle geraten. Gesehen wird die Gefahr, „...that the rich traditions of moral thought that guide human relationships have no equivalent when it comes to robot-human-interaction... We face a future in which robots will test the boundaries of our ethical and legal frameworks with increasing audacity.“ (Nourbakhsh 2015: 23 f.) Angesprochen werden damit weitreichende, bislang kaum überschaubare, geschweige denn gelöste ethische Probleme, wie die Frage nach einer moralischen Fundierung und Rechtfertigung der von Maschinen getroffenen Entscheidungen oder die Frage, wer letztlich die Verantwortung für „Maschinenentscheidungen“ trägt. Ganz im Gegensatz zu den oben zusammengefassten technikutopischen Argumenten wird von manchen Kritikern mit der Digitalisierung daher auch die Gefahr einer kommenden gesellschaftlichen Dystopie nicht ausgeschlossen (z. B. Butollo/Engel 2015; Nourbakhsh 2015).

⁷ Vgl. hierzu insbesondere die Beiträge in dem posthum herausgegebenen Sammelband von Frank Schirrmacher (2015).

5. Perspektiven

Abschließend liegt die Frage nahe, wie sich der Industrie 4.0-Diskurs weiterentwickeln wird? Von ihm gehen fraglos wichtige innovationspolitische Anstöße aus und er hat hierfür wichtige handlungskordinierende Funktionen. Wie jedoch die Ambivalenz des Technologieversprechens zeigt, ist es fraglich, ob die Vorteile, positiven Entwicklungsperspektiven und vor allem die breite Implementation des Konzeptes absehbar Realität werden. Die Vermutung liegt nahe, dass der Industrie 4.0-Diskurs jenen Entwicklungsverlauf nehmen wird, der in der Innovationsforschung als „Hype cycle“ technologischer Innovationen bezeichnet wird. Der Diskurs stürzt über kurz oder lang ab von einem Gipfel mit großen Erwartungen und mit hohem Enthusiasmus in ein Tal großer Enttäuschungen (z. B. Fenn/Raskino 2008).

Die Gründe hierfür können vielfältiger Art sein. Wesentlich könnte sein, dass im Verlauf der Realisation des Konzepts die hohen Erwartungen nicht realisiert werden und unerwartete und risikobehaftete Nebenfolgen auftauchen. Auf die Skepsis vieler Unternehmen wurde oben schon hingewiesen. Vor allem können weit reichende Gefährdungen der Datensicherheit bei Unternehmen nicht ausgeschlossen werden. Falls diese einer größeren Öffentlichkeit bekannt würden, würden dadurch wohl skeptische Haltungen gegenüber Industrie 4.0 ganz erheblichen Auftrieb bekommen. Auch spricht vieles dafür, dass die erwarteten ökonomischen Effekte noch lange auf sich warten lassen werden. Denn eine Vielzahl von Forschungsergebnissen unterschiedlichster Provenienz belegt, dass nicht in jedem Fall ein positiver Zusammenhang zwischen einer Investition in Informations- und Kommunikationstechnologie und Produktivitätssteigerungen existiert, entsprechende Prognosen über Kosteneinsparungen vielfach völlig überzogen sind und der wirtschaftlichen Realität nicht entsprechen. Zudem begrenzen die absehbar hohen Investitions- und Implementationskosten ganz erheblich die Rentabilitätsaussichten (Agiplan 2015, S. 133).

Schließlich ist für Industrie 4.0 jene Entwicklung nicht auszuschließen, die Alfred Kieser für den Abschwung von Managementmoden verantwortlich macht. Er verweist auf den Einfluss der Zeit. Denn Moden nützen sich ab und verlieren oftmals ihre Wirkung als Symbole des Fortschritts. „Die Arena ist überfüllt, weil inzwischen fast alle auf den Bandwagon aufgesprungen sind, jeder nun mitreden kann – und will. Zu viele Unternehmen können sich damit schmücken. Der Begriff, der der Mode ihren Namen gab, ist wegen zahlreicher Differenzierungsbemühungen so vielfältig besetzt, dass er praktisch bedeutungslos geworden ist.“ Und, es kann die Situation eintreten, dass für „...die Erzeugung einer wirkungsvollen Rhetorik in den Unternehmen...das Konzept zu abgedroschen ist.“ (Kieser 1996: 33)

Der Diskursraum Industrie 4.0 verliert daher zunehmend seine Stabilität und maßgebliche Akteure beginnen ihn zu verlassen. Zum einen betrifft dies eine wachsende Zahl zweifelnder und frustrierter Unternehmen. Zum zweiten können bei den beteiligten Verbänden Skepsis und Kritik wachsen, da die Effektivität der beschriebenen vielfältigen und multidimensionalen wirtschafts- und innovationspolitischen Maßnahmen keineswegs als gesichert angesehen wird. Zum dritten drängen wissenschaftliche Akteure, insbesondere einflussreiche Informatiker, auf eine Weiterentwicklung und Öffnung der Thematik. Dabei geht es um die weitergehende Nutzung der aus ihrer Sicht noch nicht hinreichend ausgeschöpften technologischen Potentiale der digitalen Technologien und um neue Forschungsfelder und Fördermöglichkeiten. So forciert seit geraumer Zeit die Akademie für Technikforschung unter den Überschriften „Smart Services“ und „Autonome Systeme“ thematisch eine deutliche Erweiterung und Generalisierung des Digitalisierungsdiskurses über den bisherigen industriellen Bezug hinaus (z. B. acatech et al. 2015; acatech 2016). Und schließlich ist die Frage zu stellen, ob politisch das Thema Industrie 4.0 für maßgebliche politische Akteure angesichts vielfältiger weiterer gesellschaftspolitischer Herausforderungen über den nächsten Wahltermin hinaus als tragfähig erachtet wird. Vor allem ist nicht auszuschließen, dass die skizzierte generelle Kritik an der Digitalisierung und ihren möglichen Gefahren einen wachsenden gesellschaftspolitischen Einfluss gewinnt. Politik muss daher auf diese Einwände verstärkt Rücksicht nehmen und etwa vermehrt regulative Maßnahmen gegen internetbasierte Machtkonzentrationen und für verbesserten Datenschutz einleiten.

Für die längerfristige Perspektive des Technologieversprechens Industrie 4.0 heißt dies, dass nach einem Tal großer Enttäuschungen und eines verloren gegangenen Enthusiasmus eine Phase eintritt, in der durchaus eine Weiterentwicklung des Konzepts angestrebt wird. Es ist zu erwarten, dass eine solche kommende Entwicklungsphase von nur mehr begrenzten, weil realistischeren ökonomischen und sozialen Erwartungen, geprägt ist. Vor allem aber wird unvermeidbar sein, dass das Technologieversprechen Industrie 4.0 über kurz oder lang seine Strahlkraft einbüßen wird und viele Unternehmen jenseits aller enthusiastischen Deklarationen schrittweise und je nach ihren situativen Anforderungen die neuen technologischen Potentiale sehr selektiv nutzen werden.

Literatur

- acatech (Hg.) (2011): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, Berlin.
- acatech et al. (2015): Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Zwischenbericht, Berlin.
- acatech (2016): Smart Service Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Berlin.
- Agiplan/Fraunhofer IML/Zenit (2015): Erschließen der Potentiale von Industrie 4.0 im Mittelstand, Studie im Auftrag des BMWI, Dortmund
- Allianz Industrie 4.0 (2015): Unsere Zeile. Internet: http://www.i40-bw.de/about_us/___Wir-%C3%BCber-uns.html#Unsere_Ziele (Zugriff: 08.03.2016).
- Barner, A./Neugebauer, R./Stratmann, M./Veit, E. (2015): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion. acatech Dossier, Berlin.
- Bauer, W./Schlund, S./Marrenbach, D./Ganschar, O. 2014: Industrie 4.0 Volkswirtschaftliches Potential für Deutschland, Berlin.
- Bender, G. (2005): Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess. In: ZfS, 34/3, S. 170 – 187.
- Bitkom/VDMA/ZVEI (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Berlin April 2015 (Ergebnisbericht der sog. Verbändeplattform).
- BMAS (2015): Grünbuch Arbeiten 4.0, Berlin.
- BMBF (2014): Zukunftsbild Industrie 4.0. Internet: https://www.bmbf.de/pub/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf, (Zugriff 13.04.2016).
- BMWI (2012): Staatssekretär Burgbacher startet BMWI-Technologieprogramm "AUTONOMIK für Industrie 4.0". Internet: <http://www.autonomik.de/de/1007.php>, (Zugriff: 03.08.2013).
- BMWI (2015): Memorandum der Plattform Industrie 4.0, Berlin.
- BMWI (2015a): Gabriel startet fünf Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren, ein Kompetenzzentrum Digitales Handwerk und vier Mittelstand 4.0-Agenturen. Internet: <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=726912.html> (Zugriff: 08.03.2016).
- BMWI (2016): Digitalisierung und du. Wie sich unser Leben verändert. Berlin.
- Boes, A. et al. (2015): Zwischen Empowerment und digitalem Fließband: Das Unternehmen der Zukunft in der digitalen Gesellschaft. In: Das demokratische Unternehmen. S. 57 – 76. Sattelberger, Th. et al. (Hg.), Freiburg/München.
- Borup, M./Brown, N./Konrad, K./Van Lente, H. (2006): The Sociology of Expectations in Science and Technology. In: Technology Analysis & Strategic Management, Jg. 18 (2006), H. 3/4, S. 285 – 298.
- Brödner, P. (2015): Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub?, In: Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden, S. 231 – 250. Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P./Niehaus, J. (Hg.), Baden-Baden.
- Broy, M. (Hg.) (2010): Cyber-physical systems. Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme. Berlin/Heidelberg.
- Butollo, F./Engel, T. (2015): Industrie 4.0 – Arbeits- und gesellschaftspolitische Perspektiven. Zwischen Dystopie und Euphorie, In: Z. Zeitschrift Marxistische Erneuerung, Nr. 103, September 2015, Internet: <http://zeitschrift-marxistische-erneuerung.de/topic/77.ausgabe-103-september-2015.htm>, (Zugriff am 17.05.2016).
- Cole, T. (2015): Digitale Transformation. Warum die deutsche Industrie gerade die digitale Zukunft verschläft und was jetzt getan werden muss, München.

- DFKI (2015): Bundeskompetenzzentrum Mittelstand 4.0 unter Leitung der Smart Factory KL am DFKI in Kaiserslautern. Internet: http://www.dfki.de/web/presse/pressemitteilungen_intern/2015/bundeskompetenzzentrum-mittelstand-4-0-unter-leitung-der-smartfactorykl-am-dfki-in-kaiserslautern, (Zugriff: 04.04.2016).
- Dickel, S./Schrape, J. F. (2015): Dezentralisierung, Demokratisierung, Emanzipation. Zur Architektur des digitalen Technikutopismus. In: Leviathan, 43/3, S. 442 – 462.
- Fenn, J./Raskino, M. (2008): Mastering the Hype Cycle: How to Choose the Right Innovation at the Right Time, Cambridge/MA.
- Frey, C./Osborne, M. (2013): The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, Oxford Martin School (OMS) working paper, Oxford.
- Forschungsunion (2012): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. 2. Okt. 2012, Berlin.
- Forschungsunion/acatech (Hg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main.
- Geisberger, E./Broy, M. (2012): agenda CPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Heidelberg.
- Hahn, K. (2013): Heterogene Akteure als Innovationspartner. Zur Strukturierung von Handeln in industriellen Innovationsprojekten, Wiesbaden.
- Hasse, R./Krücken, G. (1999): Neo-Institutionalismus. Bielefeld.
- Hill, S. (2015): How the "Uber Economy" and Runaway Capitalism Are Screwing American Workers, New York.
- Hofstetter, Y. (2014): Sie wissen alles, München.
- IG Metall (2013): Industriearbeit 4.0. Düsseldorf.
- Ittermann, P./Niehaus, J./Hirsch-Kreinsen, H./Dregger, J./ten Hompel, M. (2016): Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik, Dortmund (i. E.).
- Jasperneite, J. (2012): Alter Wein in neuen Schläuchen?, Internet: http://www.ciit-owl.de/uploads/media/410-10%20gh%20Jasperneite%20CA%202012-12_lowres1.pdf, (Zugriff am 15.01.2015).
- Jeffcote, R. (2003): Technology@Utopia. In: Journal for Interdisciplinary and Cross-Cultural Studies, 3, S. 1 – 16.
- Kagermann, H./Lukas, W.-D./Wahlster, W. (2011): Industrie 4.0. Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. In: VDI Nachrichten, 1. April 2011, Ausgabe 13 Internet: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>, (Zugriff 03.07.2012).
- Kagermann, H.(2013): Impuls – Zukunftsbild Industrie 4.0. Internet: http://www.autonomik.de/documents/Kagermann_Zukunftsbild_Industrie_40.pdf (Zugriff: 07.03.2015).
- Kagermann, H. (2014): Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. Bauernhansl, Th./ten Hompel, M./Vogel-Heuser, B. (Hg.), Wiesbaden, S. 603 – 614.
- Kieser, A. (1996): Moden & Mythen des Organisierens. In: DBW, H.1, S. 21 – 39.
- Kraft, H. (2015): Regierungserklärung vor dem Landtag 29.01. 2015. Internet: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwj8pvqtsrvLAhXCwxQKHauyBX0QFggwMAI&url=https%3A%2F%2Fland.nrw%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fasset%2Fdocument%2Fregierungserklaerung_mp_kraft_vor_dem_landtag_29_01_2015.pdf&u sg=AFQjCNHrskV1yjq3GnvNMy_ylfqzutkwgQ&cad=rja (Zugriff: 12.03.2016).
- Kuhlmann, M./Schumann, M. (2015): Digitalisierung erfordert Demokratisierung der Arbeitswelt heraus. In: Arbeit der Zukunft. S. 122 – 140. Hoffmann, R. (Hg), Frankfurt am Main.
- Landesportal NRW (2016) <https://land.nrw.de/tags/nrw-40> (Zugriff 08.03.2016).

- Maier, A./Student. D. (2015): Industrie 4.0 – der große Selbstbetrug. In: Manager Magazin, 13.02.2015, Internet: <http://www.manager-magazin.de/magazin/artikel/digitale-revolution-industrie-4-0-ueberfordert-deutschen-mittelstand-a-1015724.html> (Zugriff 14.07.2015).
- Menez, R./Pfeiffer, S./Oestreicher, E. (2015): Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM). Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Soziologie, Working Paper 01-2016.
- Nationaler IT-Gipfel (2015): Digitale Zukunft gestalten - Innovativ_sicher_leistungstark: Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/nationaler-it-gipfel-2015,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Zugriff 01.03.2016).
- Nourbakhsh, I. R. (2015): The Coming Robot Dystopia. In: Foreign Affairs, July/August 2015, p. 23 – 28.
- Plattform Industrie 4.0 (2015): Die Geschichte der Plattform Industrie 4.0. Internet: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html> (Zugriff: 07.03.2016).
- Pfeiffer, S. (2015): Industrie 4.0 und die Digitalisierung der Produktion – Hype oder Megatrend? In: Au Politik und Zeitgeschichte, Jg. 65 (2015), H. 31 – 32, S. 6 – 11.
- Pfeiffer, S. (2015a): Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? In: Mittelweg 36, 24/6, S. 14 – 36.
- PWC (2014): Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Internet: <http://www.strategyand.pwc.com/reports/industrie-4-0>, (Zugriff: 05.05.2015).
- Reinhart, G./Engelhardt, P./Geiger, F./Philipp, T./Wahlster, W./Zühlke, D./Schlick, J./Becker, T./Löckelt, M./Pirvu, B./Stephan, P./Hodek, S./Scholz-Reiter, B./Thoben, K./Gorltd, C./Hribernik, K./Lappe, D./Veigt, M. (2013): Cyber-Physische Produktionssysteme. Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik. In: wt-online, Jg. 103 (2013), H. 2, S. 84 – 89.
- Rogers, E. M. (2003): Diffusion of Innovations. New York et al.
- Roßnagel, A./Richter, P. (2016): Big Data and Informational Self-Determination. Regulative Approaches in Germany: The Case of Police and Intelligence Agencies, In: Exploring the Boundaries of Big Data. van der Sloot, B./Broeders, D./Schrijvers, E. (Eds.), Amsterdam.
- Sattelberger, T./Welpel, I./Boes, A. (2015): Das demokratische Unternehmen: Neue Arbeits- und Führungskulturen im Zeitalter digitaler Wirtschaft.
- Scheer, A.-W. (2013): Industrie 4.0 – Alter Wein in neuen Schläuchen? Internet: <http://www.august-wilhelm-scheer.com/2012/02/08/industrie-4-0-alter-wein-in-neuen-schlauchen/> (Zugriff: 13.02.2014).
- Schirrmacher, F. (Hg.) (2015): Technologischer Totalitarismus, Frankfurt.
- Segal, Howard P. (2005): Technological Utopianism in American Culture. Syracuse, New York: Syracuse University Press.
- Urchs, O./Cole, T. (2013): Digitale Aufklärung, München.
- van Lente, H.(1993): Promising Technology. The Dynamics of Expectations in Technological Developments (Diss., Universität Twente, WMW), Delft.
- van Lente, H./Rip, A., (1998): Expectations in Technological Developments: An Example of Prospective Structures to be filled in by Agency. In: Getting New Technologies Together: Studies in Making Sociotechnical Order. S. 203 - 229. Cornelis Disco, C./van der Meulen; B: (Hg.), Berlin/New York.
- van Lente, H./Bakker, S. (2010): Competing expectations: the case of hydrogen storage technologies. In: Technology Analysis & Strategic Management, Jg. 22 (2010), H. 6, S. 693 – 709.
- von Becker, P. (2016): Die digitale Revolution als neue Religion. In: Der Tagesspiegel, Nr. 22719, 5. April 2015, S. 6.
- Webster, F./Robins, K. (1986): Information Technology: A Luddite Analysis, Norwood.
- Weinberg, U. (2016): Das Vertraute verschwindet. In: Frankfurter Rundschau 72/82, 8. April 2016, S. 14.

Weingartner, M. (2016): Die digitale Verzettelung. In: FAZ, 30.03.2016, S. 15.

Zuboff, S. (2014): Lasst euch nicht enteignen. In: FAZ, 15 September 2014, S. 9.

Zuboff, S. (2016): The Secrets of Surveillance Capitalism, In: FAZ.NET, 05.03.2016, Internet:
http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/the-digital-debate/shoshana-zuboff-secrets-of-surveillance-capitalism-14103616.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2
(Zugriff: 18.05.2016).

Zühlke, K (2015): Plattform Industrie 4.0 vor dem Aus. Internet:
<http://www.elektroniknet.de/elektronikfertigung/strategien-trends/artikel/116855/>
(Zugriff: 09.03.2016).

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

- 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)
- 45/2105 Johannes Weyer
Can Pilots Still Fly – Role Distribution and Hybrid Interaction in advanced automated Aircraft
(November 2015)