

Max-Planck-Straße 4, D-40237 Düsseldorf
Parking 10/1/10, A-1010 Wien

www.sbr-net.com

Industrie 4.0 – Implikationen für Markt, Regulierung und Strategie

SBR-Diskussionsbeitrag 10

Dipl. Ing. Wolfgang Reichl
Mag. Jörg Kittl
Dr. Ernst-Olav Ruhle
Dipl. Wirtschaft.-Ing. Stephan Wirsing

August 2014

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einführung	4
2 Die vierte industrielle Revolution	5
3 Internationale Initiativen zur Optimierung industrieller Prozesse	8
3.1 Deutschland	8
3.2 Österreich.....	10
3.3 Europäische Union	11
3.4 Vereinigte Staaten	12
3.5 Japan	13
3.6 Internationaler Trend – Zusammenfassung	13
4 Industrie 4.0 – von der Vision zur Realität	14
4.1 Politische Aspekte	14
4.2 Regulatorische und rechtliche Aspekte.....	15
5 Einfluss auf die Unternehmensstrategie.....	17
5.1 Standardisierung von Schnittstellen.....	17
5.2 Flexible Produktion und Individualisierung.....	17
5.3 Vernetzung über den Produktionsprozess hinaus.....	18
5.4 Abhängigkeit zwischen den Wertschöpfungsebenen	18
5.5 Personal	19
5.6 Datensicherheit.....	19
5.7 Strategie.....	19
5.8 Industrie 4.0 – rechnet sich das?	20
6 Die Rolle der Kommunikationstechnologie bei Industrie 4.0	22

6.1	Kernaspekte für den TK-Sektor	22
6.2	Erforderlichkeit zugesicherter Dienstgüte in TK-Netzen	24
7	Zusammenfassung	25
8	Referenzen	27

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Abgrenzung verschiedener Stadien industrieller Revolution (Quelle: [5] bzw. DFKI)	6
Abbildung 2: Die 10 Zukunftsprojekte (Quelle: www.hightech-strategie.de)	9
Abbildung 3: Organisationsprozesse "Evolution und Revolution" (Quelle: Universität Stuttgart)	20

1 Einführung

Unsere Gesellschaft wird durch technologische Entwicklungen geprägt. Der Einfluss dieser technologischen Entwicklungen auf Wirtschaft und Gesellschaft ist aber nicht kontinuierlich, sondern wird oft als "industrielle Revolutionen" beschrieben. Die Einführung mechanischer Produktionsanlagen Ende des 18. Jahrhunderts sowie Massenproduktion und Computertechnologie im 20. Jahrhundert haben massive technische und gesellschaftliche Veränderungen bewirkt. Wir stehen nun an der Schwelle der vierten industriellen Revolution. Basistechnologien wie Internet, Vernetzung, Mikroelektronik und Sensorik sind heute potenziell in der Lage, industrielle Prozesse abermals grundlegend zu ändern. Um die Potenziale dieser Entwicklungen optimal zu nutzen, haben sich verschiedene politische und wirtschaftliche Initiativen gebildet. Sowohl einzelne Länder als auch Regionen versuchen, durch koordinierte Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen die technologischen Möglichkeiten in Standortvorteile umzusetzen.

Ausgangspunkte für diesen Diskussionsbeitrag sind die Begriffe "vierte industrielle Revolution" und der in Deutschland geprägte Begriff "Industrie 4.0". Der Gedanke einer Revolutionierung der Produktionsprozesse wird aber weltweit aufgenommen. Ähnliche Entwicklungen werden als Internet der Dinge, Cyber Physical Systems und Machine-to-Machine Kommunikation bezeichnet. Unser Diskussionsbeitrag soll die aktuellen Tendenzen aufzeigen. Insbesondere beschäftigen wir uns mit den Fragen, die für Politik, aber auch für Unternehmen wesentlich sind:

- Wie können Standortvorteile für Regionen erreicht werden?
- Welche regulatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu schaffen, um die verfügbaren Basistechnologien zur Lösung der aktuellen Probleme optimal zu nutzen?
- Was bedeuten diese internationalen Tendenzen für die Strategie einzelner Unternehmen? Welche Vorteile können Unternehmen daraus ziehen?

Nach einer kurzen Geschichte der industriellen Revolutionen geben wir eine Übersicht über die internationalen Aktivitäten im Bereich Industrie 4.0. Kapitel vier beschäftigt sich mit den erforderlichen politischen, rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen. In Kapitel 5 wird der Einfluss von Industrie 4.0 auf Unternehmen dargestellt. Kapitel 6 geht insbesondere auf die Rolle der Kommunikationstechnologie im Zusammenhang mit Industrie 4.0 ein. Das letzte Kapitel fasst die Erkenntnisse zusammen.

2 Die vierte industrielle Revolution

Nach Ansicht vieler Experten stehen wir an der Schwelle zur „vierten industriellen Revolution“. Um den Begriff „Revolution“ zu rechtfertigen, muss es sich um Neuerungen handeln, die in der Lage sind, das Bild, das wir gegenwärtig von Industrie haben, in einer einschneidenden Art und Weise nachhaltig zu wandeln. Daher müssen die Entwicklungen, die diese Revolution kennzeichnen, hinreichend greifbar sein, und das Ausmaß der Konsequenzen muss groß genug sein, um ihnen die notwendige Bedeutung zu verleihen. Die Umbrüche in der industriellen Fertigung sind bisher auf zwei Arten der Innovation zurückzuführen:

- **Technische Innovationen** sind meist auf einzelne Erfindungen zurückzuführen, die Einfluss auf eine Vielzahl von Industriezweigen haben. Der revolutionäre Charakter besteht darin, dass mit Hilfe einer technischen Revolution die Produktionsfunktion verändert wird.
- **Organisatorische Innovationen:** Hier steht die Optimierung von Arbeitsabläufen im Vordergrund, mit dem Ziel, die Effizienz bestehender Prozesse zu steigern, ohne dass dazu zwangsläufig neuartige Produktionsmittel benötigt werden (z.B. Arbeitsteilung). Organisatorische Innovationen sind in der Regel eine Folge von technischen Innovationen und diesen nachgelagert.

Der nachfolgende Vergleich mit den vorangegangenen industriellen Revolutionen soll dies verdeutlichen.

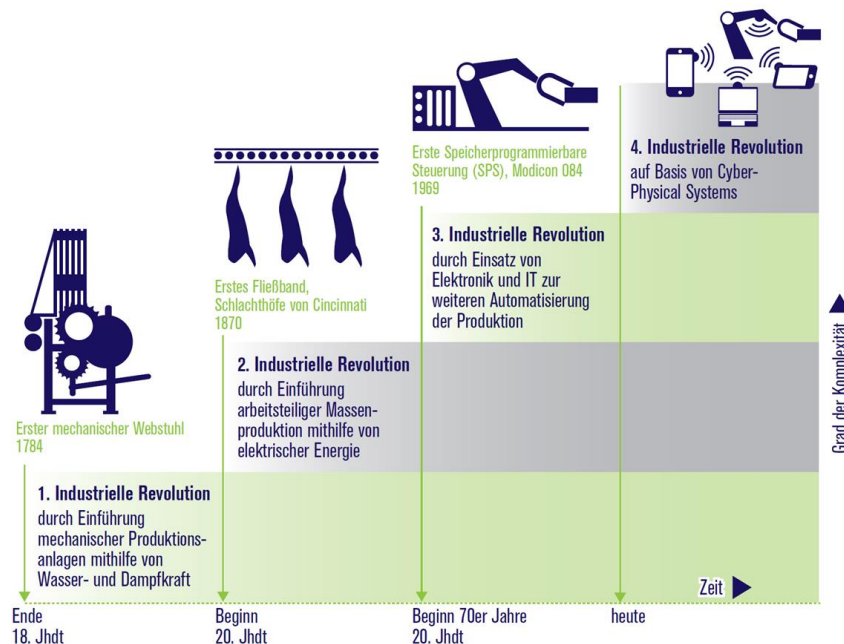


Abbildung 1: Abgrenzung verschiedener Stadien industrieller Revolution (Quelle: [5] bzw. DFKI¹)

Aus der Entwicklung der letzten drei Jahrhunderte können vier wesentliche Phasen identifiziert werden, in denen die industrielle Fertigung durch maßgebliche Innovationen vorangetrieben wurde:

- **Mechanisierung (18. Jh.):** Einführung dampf- oder wassergetriebener Produktionsanlagen durch technische Innovation. Beispiel: Dampfmaschine.
- **Rationalisierung (Anfang 20 Jh.):** Steigerung der Produktivität in der Massenfertigung durch Arbeitsteilung als organisatorische Innovation und elektrische Energie als technische Innovation. Beispiel: Serienproduktion.
- **Digitalisierung (1970er-Jahre):** Erhöhung des Grades der Automatisierung sowie Digitalisierung von Prozessen durch technische Innovationen im Gebiet der Elektronik. Beispiel: Schweißroboter.
- **Vernetzung (heute):** Dynamische informationstechnische Vernetzung von Produktionsfaktoren und Produkten untereinander als organisatorische Innovation. Beispiel: Von Sensoren gesteuertes automatisiertes Ausdrucken von Ersatzteilen mit Hilfe eines 3D-Druckers.

¹ Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz GmbH; www.dfki.de

Heute sind alle Bausteine verfügbar, um eine neue Phase der industriellen Entwicklung einzuleiten. Personal Computer haben sich zu Smart Devices entwickelt. IT-Infrastrukturen und Dienste sind durch Cloud Computing allgegenwärtig. Leistungsfähige Kleinstcomputer (embedded Systems) können im Internet der Dinge verbunden werden. Die reale und die virtuelle Welt verschmelzen zu Cyber Physical Systems. Eine Vernetzung von Ressourcen, Informationen, Objekten und Menschen wird möglich. Diese Entwicklung lässt sich als vierte Stufe des Industrialisierungsprozesses bewerten [5].

Bemerkenswert ist, dass in den ersten drei revolutionären Phasen noch die Verrichtung **mechanischer Arbeiten** durch Maschinen im Vordergrund stand, wohingegen in der gegenwärtigen Phase auch **geistige Arbeit** in Form von dynamisch programmierten Entscheidungsprozessen und -algorithmen an die Produktionssysteme delegiert werden kann.

3 Internationale Initiativen zur Optimierung industrieller Prozesse

In allen großen Wirtschaftsräumen beschäftigt man sich mit der Koordination der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Optimierung industrieller Prozesse. In diesem Kapitel werden, ausgehend von Deutschland und Österreich, beispielhaft einige internationale Aktivitäten beschrieben.

3.1 Deutschland

Das Zukunftsprojekt "Industrie 4.0" ist Bestandteil der Hightech-Strategie 2020 der deutschen Bundesregierung. Die deutsche Bundesregierung hat bereits 2006 eine nationale interdisziplinäre Strategie über alle Ressorts hinweg entwickelt, die Deutschland an die Spitze der Zukunftsmärkte führen soll. Diese wurde unter dem Namen "Hightech-Strategie" veröffentlicht ([1], [2]). Der Fokus dieser Strategie liegt auf Forschung und Entwicklung. Die Hightech-Strategie stellt eine koordinierte Innovationspolitik dar, mit der Basistechnologien vorangetrieben und Lösungen zu den globalen Herausforderungen gefunden werden sollen.

2010 hat die Bundesregierung die Fortentwicklung der Hightech-Strategie veröffentlicht, welche die fünf Bedarfswelder: (1) Klima & Energie, (2) Gesundheit & Ernährung, (3) Mobilität, (4) Sicherheit, und (5) Kommunikation adressiert (siehe [3]). Verbunden werden diese Bedarfswelder durch Maßnahmen in drei Bereichen:

- Die Entwicklung von **Schlüsseltechnologien** bildet die Grundlage der Hightech-Strategie. Ziel ist es, die Umsetzung von Forschungsergebnissen in Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu beschleunigen.
- Zu den **Rahmenbedingungen** für die Hightech-Strategie gehören die Stärkung der Finanzierung, Standardisierung, Bürokratieabbau und Innovation durch öffentliche Beschaffung.
- Eine Vielzahl von **Querschnittsförderungen** adressiert die Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte.

Die Koordination dieser Maßnahmen soll dazu beitragen, die wesentlichen Probleme des 21. Jahrhunderts, die in den Bedarfsweldern zusammengefasst sind, zu lösen. Die große Herausforderung ist die Anwendung dieser umfassenden Strategie zur Lösung individueller Problemstellungen. Um hier neue Akzente zu setzen hat die Bundesregierung 10 Zukunftsprojekte innerhalb der Bedarfswelder definiert (siehe Abbildung 2). Zukunftsprojekte verfolgen konkrete Ziele wissenschaftlicher und technologischer

Entwicklungen über 10 bis 15 Jahre hinweg. An konkreten Beispielen werden hier Innovationsstrategien entwickelt und Realisierungsschritte geplant. [4]



Abbildung 2: Die 10 Zukunftsprojekte (Quelle: www.hightech-strategie.de)

Industrie 4.0 ist eines dieser Zukunftsprojekte. Auf der Website der Hightech-Strategie² wird Industrie 4.0 beschrieben:

Die Wirtschaft steht an der Schwelle zur vierten industriellen Revolution. Durch das Internet getrieben, wachsen reale und virtuelle Welt immer weiter zu einem Internet der Dinge zusammen. Die Kennzeichen der zukünftigen Form der Industrieproduktion sind die starke Individualisierung der Produkte unter den Bedingungen einer hoch flexibilisierten (Großserien-) Produktion, die weitgehende Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse und die Verkopplung von Produktion und hochwertigen Dienstleistungen, die in so genannten hybriden Produkten mündet.

Deutschland ist heute bereits ein führender Fabrikausrüster weltweit. Industrie 4.0 soll die Kompetenz im Maschinen- und Anlagenbau verstärken und diese mit dem Know-how in IT und eingebetteten Systemen kombinieren [5]. Deutschland verfügt über die besten Voraussetzungen, Potenziale für eine neue Form der Industrialisierung zu erschließen.

² www.hightech-strategie.de

Grundlage sind Cyber Physical Systems (CPS)³, die eine flexible Produktionssteuerung ermöglichen, und Smart Factories⁴, die individuelle Kundenwünsche kostengünstig erfüllen sollen. Voraussetzungen sind horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke, digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette sowie vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme. [5]

Mit dieser Initiative hat Deutschland Akzente für die Entwicklung der industriellen Produktion gesetzt. Der Gedanke wurde von der Wirtschaft und von der universitären Seite aufgenommen und vorangetrieben (zu den relevanten F&E Themen siehe [6]). Auch wenn Deutschland hier eine Vorreiterrolle übernommen hat, so gibt es ähnliche Entwicklungen auch in anderen Ländern und der Europäischen Union.

3.2 Österreich

Der Fokus der Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)⁵ bzw. der Forschungsförderungsgesellschaft, welche bereits 2011 unter dem Titel „Intelligente Produktion“ initiiert wurde, liegt auf anspruchsvollen, innovativen Projekten, die zum Teil transnational abgewickelt werden.⁶ Es werden Forschungsaufträge vergeben, deren Ziele darauf ausgerichtet sind, die Innovationsleistung der nationalen Sachgüterproduktion zu steigern, Forschungskompetenz in Forschungseinrichtungen aufzubauen sowie die europäische und internationale Kooperationen und Netzwerke zu verstärken. Wesentlicher operativer Aspekt ist die Reduktion der Produktionskosten durch verbesserte Automatisierung, Flexibilität, Modularisierung etc. (economies of scale) und neuer Materialien.

³ Cyber Physical Systems (CPS) are smart networked systems with embedded sensors, processors and actuators that are designed to sense and interact with the physical world (including the human users), and support real-time, guaranteed performance in safety-critical applications. In CPS systems, the joint behavior of the “cyber” and “physical” elements of the system is critical - computing, control, sensing and networking are deeply integrated into every component, and the actions of components and systems must be carefully orchestrated. [10]

⁴ Im Bereich „Smart Factory“ werden intelligente Produktionssysteme und -verfahren sowie geeignete Engineering-Methoden und -Werkzeuge zur Realisierung verteilter und vernetzter Produktionsstätten im Vordergrund stehen. [4]

⁵ <https://www.ffg.at/7-ausschreibung-produktion-der-zukunft>

⁶ http://www.bmvit.gv.at/innovation/aktuell/ausschreibungen/produktion_7.html

Unterstützt wird die Initiative des BMVIT von der Technischen Universität in Wien.⁷ Die TU Wien hat gemeinsam mit Industrieunternehmen ein fakultätsübergreifendes Forschungs-Netzwerk für die Zusammenarbeit im Bereich CPS für Anwendungen in der industriellen Produktionstechnik gebildet. Die Forschung konzentriert sich auf den Bereich der intelligenten Verknüpfung von Sensoren und Steuersysteme unterschiedlicher sich selbstständig koordinierenden Bausteine von Produktionssystemen zur Steigerung von Effizienz und Produktivität.

Das Bundesland Oberösterreich ist ein Industrieschwerpunkt Österreichs und dafür prädestiniert, sich mit der Weiterentwicklung industrieller Produktionsprozesse auseinander zu setzen. Im Zuge des Forschungsprogrammes „Innovatives Oberösterreich 2020“ (sowie des EU-Projektes Horizon2020) soll die Produktivität und Flexibilität im Bereich der industriellen Produktionsprozesse und Verfahren gesteigert werden. Die Einbindung von Unternehmen und Lehr- und Forschungseinrichtungen zur Bündelung bestehender F&E-Kompetenzen („Vernetzung der relevanten Cluster“) sind Maßnahmen, um kritische Größen zu erreichen sowie „Leuchttürme“ in der thematischen Ausrichtung setzen zu können.

3.3 Europäische Union

Die Europäische Union definiert Forschungsrahmenprogramme, die mit erheblichen Mitteln bestückt sind.⁸ In diesen Rahmenprogrammen gibt es einige Projekte, die sich mit der Weiterentwicklung industrieller Prozesse beschäftigen. Diese werden von M-ERA.NET⁹ koordiniert. M-ERA.NET ist ein von der EU finanziertes Netzwerk, dessen Ziel es ist, eine EU-weite Koordination aller Forschungseinrichtungen und -programme zu erreichen.

Folgende Forschungsprogramme beschäftigen sich im weiteren Sinne mit Themen, die Industrie 4.0 zugeordnet werden können:

- Factories of the Future¹⁰
- EpoSS: The European Technology Platform on Smart Systems Integration¹¹
- ManuFUTURE-EU¹²

⁷ http://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/8293/

⁸ siehe cordis.europa.eu/fp7. Das neue Programm "Horizon 2020" wird mit etwa 80 Milliarden Euro finanziert.

⁹ <https://www.m-era.net/>

¹⁰ http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html

¹¹ <http://www.smart-systems-integration.org/public>

Diese Programme zielen darauf ab, dass Europa in spezifischen strategisch wichtigen Bereichen der Forschung, Bildung und Innovation investiert, um die Wettbewerbsfähigkeit Europas zu verbessern. Die Initiativen der EU sind nicht rein auf das Thema Industrie 4.0 beschränkt. Sie wurden als Querschnittsstrategie in ein übergreifendes und integratives Konzept eingebettet. Es sollen die gemeinsamen europäischen Anforderungen für innovative Smart Systems Integration, beginnend von der Forschung zur Produktion, Prioritäten für gemeinsame Forschungsprojekte und Innovationen der Zukunft über gemeinsame Pläne für die nächsten Handlungsschritte, definiert und erforscht werden.

3.4 Vereinigte Staaten

In den USA gibt es zwei Initiativen, welche sich mit Themen im Umkreis von Industrie 4.0 beschäftigen. Die politische Initiative heißt "Advanced Manufacturing Partnership 2.0 – AMP 2.0". Mit Unterstützung der Regierung ist in den USA eine breite Kooperation zwischen Universitäten und Unternehmen entstanden, die vergleichbar mit der Industrie 4.0-Initiative der deutschen Bundesregierung ist.¹³

Die auf einer Initiative der Industrie basierende Idee „Smart Manufacturing Leadership Coalition“ (SMLC)¹⁴ wurde in den USA im Jahr 2012 begonnen. SMLC ist eine Plattform für die produzierende Industrie in Zusammenarbeit mit Forschung und Entwicklung. Sie ist eine Interessensvertretung zur Entwicklung von einheitlichen Standards, Prozessen und Plattformen, um intelligente Herstellungsprozesse umsetzen zu können.

Beide Initiativen versuchen, die Markteintrittsbarrieren für die Entwicklung von smarten Produktionsprozessen und Systemen zu senken und skalierbare geteilte Produktionsinfrastrukturen bzw. Plattformen zu fördern und Innovationen zu ermöglichen, um global wettbewerbsfähig zu bleiben und Arbeitsplätze zu schaffen. Es sollen primär jene Geschäftszweige gefördert werden, welche Interoperabilität, Technologie, Infrastruktur und projektübergreifende interdisziplinäre Teams von mehreren unterschiedlichen Industriezweigen, aber auch Forschungseinrichtungen, adressieren. Die Erschwinglichkeit, Nutzbarkeit, Datensicherheit, Interoperabilität und Cybersicherheit muss gewährleistet sein.

¹² <http://www.manufuture.org/manufacturing/>

¹³ <http://www.manufacturing.gov/welcome.html>

¹⁴ <https://smartmanufacturingcoalition.org/about>

3.5 Japan

Japan ist stark im Maschinenbau und der Produktion und kann seine Wettbewerbsfähigkeit nur durch ständige Innovationen und die Einführung neuer Technologien erhalten. Dieser neue industrielle Trend Industrie 4.0 hat eine enorme Bedeutung für Japan, da seine Wirtschaft von einem starken produzierenden Sektor abhängig ist.¹⁵ Die bisherige Strategie in Japan beruht jedoch oft auf selbstentwickelten Technologien und einem Black-Box-Ansatz von in sich geschlossenen und proprietären Systemen, die in der Vergangenheit den Technologieabfluss erfolgreich begrenzte. Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist in Japan außerhalb der geschlossenen Netzwerke selten. Gerade deswegen ist Japan erst am Beginn einer Strategiefindung, wie der Wandel zu Industrie 4.0 und Cyber Physical Systems in einer geschlossenen Umgebung funktionieren kann.

3.6 Internationaler Trend – Zusammenfassung

Die internationalen Strategien im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sind meist darauf ausgerichtet, regionale Standortvorteile durch gezielte Förderungen von Forschung und Entwicklung zu erzielen. Andere Trends stammen aus der Weiterentwicklung der Internettechnologie. Eine bedeutende Basistechnologie ist das IPv6 Protokoll mit einem wesentlich größeren Adressraum als IPv4, welcher das Internet der Dinge und Machine-to-Machine Kommunikation ermöglicht.

Man kann das Internet der Dinge als Baustein zur Optimierung industrieller Prozesse sehen. Es ist aber auch ein eigenständiges Themengebiet (siehe [11]). Jedenfalls gibt es Überschneidungen des Internet der Dinge mit Themenfeldern wie Ubiquitous Computing, Pervasive Computing, Industrie 4.0, Kommunikationstechnologien, Cyber Physical Systems, eingebetteten Systemen und Web2.0-Anwendungen.

¹⁵ <http://www.japantimes.co.jp/news/2014/05/10/business/industry-4-0-germany-rethinks-manufacturing/#.U3AUdv1FCQo> sowie <http://www.japanmarkt.de/2014/05/12/wirtschaft/industrie-4-0-deutschland-als-vorbild-fuer-japan/>

4 Industrie 4.0 – von der Vision zur Realität

Die optimale Nutzung der vorhandenen technologischen Möglichkeiten ist Grundlage für die Lösung der wesentlichen Probleme des 21. Jahrhunderts. Dies erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit unterschiedlicher Industriezweige. Eine neue Aufteilung der Wertschöpfung und eine enge Zusammenarbeit zwischen Hersteller, Zulieferfirmen und Kunden ist notwendig und setzt abgestimmte Rahmenbedingungen für eine Integration der Prozesse voraus. Die Industrie alleine agiert nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten und kann daher Aufgaben, die der gesamten Wirtschaft/Gesellschaft dienen (sollen), nur unzureichend lösen. Es ist also die Politik gefordert, die notwendigen Rahmenbedingungen für die bestmögliche Entwicklung zu schaffen. Ebenso ist die Industrie gefragt, die Themen aufzugreifen und mit innovativen Ansätzen Produktionsprozesse umzugestalten. In diesem Kapitel gehen wir auf die Rolle der Politik bei der Umsetzung der Vision Industrie 4.0 in die Realität ein.

4.1 Politische Aspekte

Von vielen Experten wird Industrie 4.0 das Potenzial zugeschrieben, die Wertschöpfung der Industrie erheblich zu verbessern. Daher ist es verständlich, dass die öffentliche Hand die Entwicklung fördert. Wenn aber politische Ziele vorgegeben werden, dann müssen auch Maßnahmen gesetzt werden, damit diese Ziele auch erreicht werden können. Daher sind Forschung & Entwicklung ein wesentlicher Aspekt in der konkreten Ausgestaltung. Einhergehend mit den umfassenden Forschungsaktivitäten, die vor allem in USA, EU und Deutschland bereits vor ein paar Jahren forciert wurden, wird versucht, die optimalen Rahmenbedingungen für die Nutzung der Basistechnologien zu schaffen.

Die Industrie alleine wird diese große Aufgabe nicht lösen können. Insbesondere für die Themen breitbandige Zugangsnetze mit entsprechender Qualität (QoS), Anwendungen (wie e-Learning, e-Health etc.) oder bei der Definition von Schnittstellen wird und muss es einen „öffentlichen“ Anstoß geben. Dieser ist durch ein entsprechendes Interesse der Allgemeinheit gerechtfertigt und kann wichtige Impulse setzen, um die Strategie voranzutreiben. Hier kommt vor allem auch den öffentlichen Stellen eine bedeutende Rolle zu, indem sie als Inkubator fungieren. Sie müssen den institutionellen Rahmen dafür bereitstellen, dass die wesentlichen Eckpfeiler der Strategie von Industrie 4.0 wie Standardisierung, Datenschutz, Vernetzung und Dienstqualität rasch klar definiert sind. Die öffentliche Hand stellt also ein

„öffentliches Gut“ zur Verfügung. Aufbauend auf diesem öffentlichen Gut kann die Industrie ihre Prozesse anwenden und in konkrete Produkte umsetzen.

Konkrete Beispiele für solche Ansätze für öffentliche Aufgaben im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sind:

- Gezielte Förderungen von Forschung und Entwicklung zu interdisziplinären Themen
- Unterstützung und Steuerung der Standardisierung (z.B. ITU und ETSI und ISO)
- Nutzung bestehender Infrastruktur beim Breitbandausbau, Infrastrukturkataster
- Förderung der Nachfrageseite (z.B. e-Health, E-Government, Smart Grids und Smart City)

Wie in vielen anderen Bereichen auch, besteht die Herausforderung darin, öffentliche Mittel effizient einzusetzen. Eingriffe dürfen nur erfolgen, wenn private Initiativen versagen, und der Wettbewerb nicht eingeschränkt wird. Forschung & Entwicklung, Infrastruktur und Konsumentenschutz sind Schwerpunkte der öffentlichen Aufgaben. Der Staat kann und soll aber auch auf der Nachfrageseite aktiv werden.

4.2 Regulatorische und rechtliche Aspekte

Das Konzept von Industrie 4.0 beruht darauf, dass Daten verfügbar sind, ausgewertet und zwischen Unternehmen ausgetauscht werden. Darunter sind auch eine Reihe von sensiblen Daten – von Unternehmen, aber auch von privaten Nutzern. Daten können im Zuge des Produktionsprozesses durch Maschinen/CPS entstehen und über die Vernetzung mit anderen Unternehmen ausgetauscht werden. Auf der anderen Seite gibt es auch jene Daten, die in den Produktionsprozessen verwendet werden und die in vielen Fällen auf der Auswertung persönlicher Daten von Kunden (z.B. über Online-Bestellungen) beruhen.¹⁶ Die Frage der Sicherheit von Daten oder die rechtliche Zulässigkeit neuer Technologien sowie die mit ihr verbundenen Haftungs- und Datenschutzfragen können sich akzeptanz- und innovationshemmend auswirken.

Die Verfügbarkeit von Daten ist für viele Ziele im Zusammenhang mit Industrie 4.0 zentral. Der Umfang an ausgetauschten, aufbereiteten, ausgewerteten und verwendeten

¹⁶ Ein Beispiel: vielleicht ist Ihnen schon aufgefallen, dass, wenn Sie eine Flugreise im Internet gebucht haben (z.B. nach Mailand), in erstaunlicher Häufigkeit kurz danach auf besuchten Webseiten Einblendungen über Hotels oder Sehenswürdigkeiten in Mailand erscheinen.

Informationen im Rahmen von Industrie 4.0 ist enorm. Insbesondere dort, wo es um den Austausch von Informationen oder die Bestückung von Gegenständen mit Informationen geht (GPS-Ortung, Produktinformationen mit RFID etc.), ist die Datensicherheit ein zentrales Thema. Solange Daten freiwillig und bewusst ausgetauscht werden, gibt es wenige Probleme. Problematisch wird es dann, wenn Daten ausgewertet und verwendet werden, von denen der Datenlieferant ausdrücklich nicht wollte, dass dies geschieht. In der Regel reden wir dann über die Verletzungen des Datenschutzes oder des Rechtes auf informationelle Selbstbestimmung. Dort, wo Personen und Unternehmen daher am Austausch von Information und Daten teilnehmen, muss ein Umfeld geschaffen werden, das sensible Daten schützt, andererseits auch die Vorteile aus der Verwendung, Auswertung und Übertragung von Daten ermöglicht.¹⁷ Der Schutz von Unternehmensdaten und persönlicher bzw. personenbezogenen Daten ist daher bei Industrie 4.0 wesentlich.

Es ergeben sich insgesamt durch Industrie 4.0 weniger neue Rechtsfragen, jedoch wird die Komplexität des Umfeldes wesentlich größer. Daher sind auch Haftungsfragen für Unternehmen im Vordergrund. In einem vernetzten Produktionssystem mit unternehmensübergreifendem Austausch sensibler Daten kann es oft auch schwierig sein, den Verursacher des Datenproblems ausfindig zu machen. Der rasante technologische Wandel wird es daher erfordern, dass in sehr vielen Ländern permanent an gesetzlichen Bestimmungen in Bezug auf Datenverwendung, -austausch, -auswertung und -sicherheit etc. gearbeitet wird, um das Sicherheitsniveau hoch zu halten, aber andererseits die verstärkte Vernetzung nicht zu behindern.

¹⁷ Vgl. Spiegel Nr. 21/2014, Seite 100 ff: Spiegel-Gespräch mit dem Informatiker Alex Pentland; „Wow! Das macht Spaß!“

5 Einfluss auf die Unternehmensstrategie

Industrie 4.0 kann Produktionsprozesse massiv verändern. Wie können Unternehmer sich auf diese Entwicklung vorbereiten und davon profitieren? Man könnte die Idee von „Industrie 4.0“ mit menschenleeren Fabriken, in denen Maschinen und Roboter Produkte autonom herstellen, assoziieren, wenn man den Gedanken der digitalen Fabrik, welche durch Cyber Physical Systems und durch Einsatz von miniaturisierten Prozessoren, Speichern, vernetzten Sensoren und Sendern in nahezu allen denkbaren Maschinen, Rohprodukten und Materialien gekennzeichnet ist, zu Ende denkt. In ihr mutieren smarte Objekte durch die Konvergenz von Kybernetik und Informatik zu autonomen Einheiten.

Bei strategischen Unternehmensentscheidungen sollten die Entwicklungen der Produktionsprozesse mitgedacht werden. Im Folgenden gehen wir auf die Einflussfaktoren auf Unternehmensstrategien durch die Einführung von Industrie 4.0 ein.

5.1 Standardisierung von Schnittstellen

Ein Schlüsselement für Industrie 4.0 ist die Etablierung und anschließende Implementierung von Standards. Sowohl die Datenvolumina als auch die Anzahl vernetzter Komponenten werden kontinuierlich wachsen. Eine derartige Vernetzung kann jedoch nur über integrierte Architekturen geschehen, die Daten und Prozesse aus verschiedensten Systemen verwalten. Wesentliche Herausforderung ist die Überwindung der vielen Medien- und Datenbrüche durch Integration der existierenden Systeme in die Wertschöpfungs- und Prozesskette. Der bestehende Maschinenpark wird nicht von heute auf morgen ausgetauscht werden können. Dies verlangt demnach eine über Jahre vorausschauende Planung in der Beschaffung – und eine enge Zusammenarbeit mit den Lieferanten.

5.2 Flexible Produktion und Individualisierung

In der zukünftigen Produktionsumwelt können (und müssen) Produzenten in der Lage sein, von Ihren Kunden gewünschte Merkmale und Funktionen mit in das Design des Werkstücks einfließen zu lassen (bis zur Losgröße von 1). Änderungen im Produktionsprozess müssen daher schnell umsetzbar sein. Dies hat hohe Anforderungen an die Produktionsfaktoren, die zunehmend modular aufgebaut werden. Dadurch steigt der Komplexitätsgrad des gesamten „Produktionssystems“ und mit ihm die Anforderungen an die Verlässlichkeit von

Kommunikations- und Steuerungsfunktionen. Der Vernetzungsaspekt geht somit einher mit der Verknüpfung der IT- und Telekommunikationswelt mit der industriellen Produktion. Kernelement der Strategie ist daher der Ausbau aller innerbetrieblichen Prozesse rund um die sogenannte vertikale IT, also die Vernetzung aller Unternehmensbereiche mit einheitlichen Schnittstellen. Dies schafft auch eine gewisse Investitionssicherheit bei sehr kurzen Produktlebenszyklen.

5.3 Vernetzung über den Produktionsprozess hinaus

Woher weiß die Maschine, welches Produkt mit welchen Eigenschaften bestellt wurde und ob genügend Rohmaterialien auf Lager sind bzw. wann diese geliefert werden? Heute werden Informationen in unterschiedlichen Systemen verwaltet. Die Systeme für Materialwirtschaft, Personalplanung, Kostenrechnung, Fertigungsmanagement etc. müssen mit einheitlichen Schnittstellen versehen werden, damit diese miteinander kommunizieren und Informationen übertragen können. Im Gegensatz zu früheren Stufen der Industrialisierung ist nach Verlassen der Produktionsstätte die Aufgabe des Herstellers nicht unbedingt erledigt. Je nach Produkt, bleibt dieses auch während des Gebrauchs mit dem Hersteller vernetzt (z.B. Softwareupdates, Wartungsaufgaben). Die eigenen Systeme werden also sowohl mit Lieferanten als auch mit Kunden vernetzt. Das ist notwendig, damit virtuelle IT-Welt und physische Produktion und die Produkte miteinander verschmelzen können. Daher müssen von Unternehmen heute jene arbeits- und organisatorischen Prozesse analysiert werden, um die richtigen Informationen zu besitzen, welche Daten für die Produktion relevant sind.

5.4 Abhängigkeit zwischen den Wertschöpfungsebenen

Die Vernetzung von Produktionsmitteln bedingt damit auch eine unmittelbare horizontale Abhängigkeit der Wertschöpfungsstufen untereinander. Beispielsweise muss darauf geachtet werden, dass Messsysteme, die Daten über den Zustand eines Werkstückes liefern, über den ganzen Produktionszeitraum kompatibel sind mit allen Werkzeugmaschinen, Überwachungs-, Auswertungs- und Steuerungssystemen sowie anderen Elementen, die auf ihre Informationen zurückgreifen.

5.5 Personal

Angesichts der Veränderungen in einer digitalen Fabrik stellt sich die Frage nach der Rolle der Beschäftigten: Wenn künftig Maschinen mit Maschinen kommunizieren, was wird dann Aufgabe der Beschäftigten? Die Arbeitswelt des Industriearbeiters wird sich grundlegend ändern. Damit werden neue Qualifikationen und Kompetenzen nötig und Fragen der spezifischen Fort- und Weiterbildung dringlicher. Unternehmen benötigen demnach Managementkonzepte, die ausgehend von der Geschäftsstrategie Geschäftsfähigkeiten identifizieren und diese mittels gezielter IT-Unterstützung aufbauen.¹⁸

5.6 Datensicherheit

Industrie 4.0 bedeutet damit aber auch für den Bereich Datensicherheit eine völlig neue Dimension. Die Smart Factory wird enorme Datenmengen erzeugen. Durch die Einbindung von Lieferanten und Kunden in das Unternehmensnetzwerk sind diese am Datenaustausch beteiligt. Dabei stellt sich die Frage, wie sich die Systeme vor Angriffen von außen schützen lassen. Es erfordert daher eine entsprechende Planung, die Chancen der neuen Vernetzung nutzen zu können, aber die Risiken für das Unternehmen zu minimieren. Die Bedeutung der Datensicherheit und auch des Datenschutzes wird also weiter zunehmen (siehe auch Kapitel 4.2).

Diese Daten sind für das Unternehmen jedoch auch die Grundlage des Erfolges. Eine fundierte Kenntnis über die Datenlage und den Informationsfluss ist für das Unternehmen unabdinglich, um isolierte Dateninseln zu vermeiden. Die optimale Analyse der Datenmenge (Big Data) ist daher für das Unternehmen und den Geschäftserfolg eine betriebliche Notwendigkeit.

5.7 Strategie

Durch Industrie 4.0 ergeben sich also völlig neue Geschäftsmodelle und -prozesse. Diese zu identifizieren sowie eine bessere Ausrichtung der vertikalen IT auf die Geschäftsziele zu erreichen, ist daher notwendig.

¹⁸ [12] zeigt am Beispiel der Taxiindustrie, wie Geschäftsmodelle durch Entwicklung von Apps beeinflusst werden.

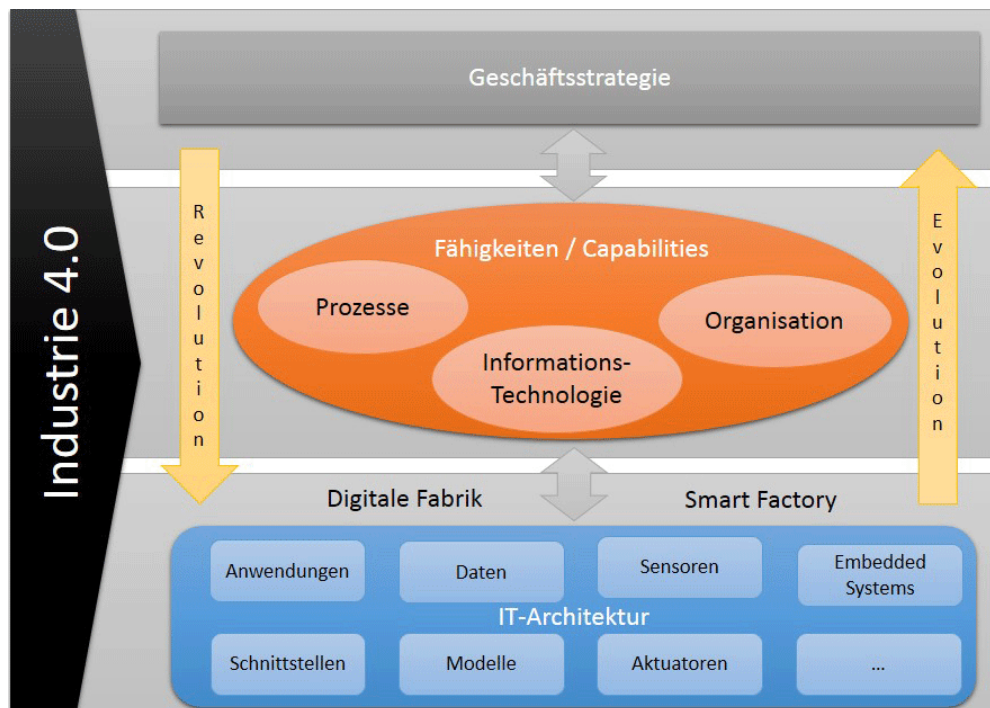


Abbildung 3: Organisationsprozesse "Evolution und Revolution" (Quelle: Universität Stuttgart)

Wie aktuelle Untersuchungen des Lehrstuhls für allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik I der Universität Stuttgart verdeutlichen, wird die Implementierung von Industrie 4.0 in der Praxis meist bottom-up vorgenommen. Die Vernetzung und Ergänzung bestehender (Legacy-) Systeme verursacht meist hohen Aufwand und die Ergebnisse bleiben hinter den Erwartungen zurück. Der Anstoß zur erfolgreichen Implementierung von Industrie 4.0 muss daher auch über 'revolutionäre' Unternehmensvisionen und -strategien auf Managementebenen getragen werden, aus denen neue, CPS-basierte Geschäftsmodelle und -prozesse abgeleitet werden können (siehe Abbildung 3).¹⁹

5.8 Industrie 4.0 – rechnet sich das?

Eine wesentliche Frage für Unternehmen ist Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen. Es ist oft einfacher, bestehende Geschäftsmodelle weiterzuführen als neue Strukturen einzuführen. Meist werden Maßnahmen erst gesetzt, wenn die wirtschaftlichen Erfolge hinter den Erwartungen zurückbleiben. Der richtige Zeitpunkt zur Einführung von Industrie 4.0 ist von der Branche und der Wettbewerbssituation abhängig. Die Vorteile an Kostensenkungen und

¹⁹ http://www.it-production.com/index.php?seite=einzel_artikel_ansicht&id=60590

Effizienz, die sich durch Industrie 4.0 ergeben, zeigen deutlich die positiven Effekte. Der Strukturwandel wird beschleunigt und neue Berufsbilder und Geschäftsmöglichkeiten entstehen. Ebenso werden aktuelle Strukturen und Branchen einer Veränderung unterworfen, die als „heilsamer Schock“ beschrieben werden kann und die die Unternehmen fit macht für zukünftigen Wettbewerb. Ein beträchtlicher Teil des Wirtschaftswachstums beruht auf Innovationen, die durch neue industrielle Konzepte möglich werden und die Effizienz erhöhen.

Diese technologischen Entwicklungen können aber auch einen destruktiven Effekt haben. Kontinuität in der Geschäftswelt kann damit nicht sichergestellt werden, sondern es muss davon ausgegangen werden, dass die Umwälzungen und Veränderungen rapide und kurzfristig eintreten können (disruptive Innovationen, schöpferische Zerstörung). Das macht Geschäftsmodelle unsicher und erschwert langfristige Planung. Es reduziert auch die Neigung zu umfangreichen Investitionen, die durch eine nachrückende Technologie schnell entwertet werden könnten. Die Zweifel, die gelegentlich entstehen, hängen oftmals aber auch damit zusammen, wann in die entsprechenden Vorhaben investiert wird, bzw. von wem und wo letztendlich die Erträge anfallen. Es ist nicht damit zu rechnen, dass die Industrie Investitionen in großem Ausmaß tätigt, die über die positiven Effekte von Industrie 4.0 für das eigene Unternehmen hinausgehen (siehe Kapitel 4.1).

Als Berater mit Wurzeln in regulierten Netzindustrien sehen wir vor allem die in Europa festzustellende schwache Motivation zu Investitionen in breitbandige Anschlussnetze. Die geringe Investitionsneigung liegt u.a. daran, dass die öffentliche Hand mit Breitbandstrategien zwar Ziele vorgegeben hat, aber selbst keinen wesentlichen finanziellen Beitrag leistet, dass diese Netze entstehen können. Zum anderen hat der Wettbewerb der vergangenen 15 Jahre zu einem stetig sinkenden Preisniveau geführt mit dem Effekt, dass die Bereitschaft der Kunden für „mehr Leistung“ auch „mehr“ zu zahlen, nur dann besteht, wenn das Produkt einen erheblichen Mehrwert bietet. Investitionen – sei es in TK-Technologie oder in neue industrielle Leistungen – rechnen sich aber nur, wenn die Kosteneinsparungen nachhaltig hoch sind oder sich höhere Preise rechtfertigen lassen.

In Europa und insbesondere in Deutschland und Österreich ist daher zu sagen, dass das Konzept von Industrie 4.0 einen positiven Return von ca. 1,7 % für spezifische Wirtschaftszweige erwarten lässt [9], dass es aber „Begleitfaktoren“ gibt, die noch nicht die optimale Unterstützung leisten und wo die positiven Erwartungen nicht im selben Ausmaß bestehen.

6 Die Rolle der Kommunikationstechnologie bei Industrie 4.0

Kommunikationsnetzwerke spielen bei der vernetzten Produktion eine zentrale Rolle. Somit werden Telekommunikationsunternehmen zu einem wichtigen Zulieferer in der Fertigung. Provider übernehmen außerdem nicht nur die Rolle des Datentransporteurs, sondern bieten selbst auch bestimmte Leistungen an, wie etwa den Betrieb von Rechenzentren, Cloud-Applikationen, oder IT-Outsourcing [7]. Das Internet der Dinge und die Machine-Machine Kommunikation sind wesentliche Trends, die Industrie 4.0 ermöglichen.

6.1 Kernaspekte für den TK-Sektor

Industrie 4.0 beruht im Kern auf dem „Phänomen“ der Vernetzung. Diese Vernetzung kann je nach Industrie und je nach Tätigkeitsbereich sowohl horizontal (zwischen Industrien), als auch vertikal (innerhalb einer Industrie, d.h. innerhalb der Wertschöpfungskette) unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Für die Vernetzung wird in vielen Fällen eine sehr leistungsfähige Kommunikationstechnologie benötigt, insbesondere breitbandige Netzzugänge. Dies zeigt sich auch im Aufstieg von Unternehmen wie Google, Apple, Cisco und anderen, die den Markt für bestimmte Kommunikationsvorgänge, Suchmaschinen, technische Geräte, Informationsvermittlung, Übertragungstechnologie etc. dominieren, weil sie für Vernetzung sorgen, und zwar nicht nur für die infrastrukturelle, sondern auch die Intelligenz der Vernetzung, die über diese Infrastrukturen ermöglicht wird. Dabei geht es nicht mehr nur um Themen der Kommunikation zwischen Menschen oder zwischen Mensch und Computer, um Prozesse zu vereinfachen oder effizienter zu gestalten, sondern zu einem beträchtlichen Teil auch um sogenannte Machine-to-Machine Kommunikation (M2M), d.h. die Informationen, die einem Gegenstand innewohnen und für den weiteren Verarbeitungsprozess von Bedeutung sind. Ein Beispiel hierfür ist das mit einem Chip ausgestattete Werkstück, das einer Maschine mitteilt, welche Bearbeitungsvorgänge an ihm vorgenommen werden sollen oder die automatische Flottensteuerung mittels GPS und anderen Technologien für Logistikbetriebe.

Die Umgebung wird demnach mit vielen verschiedenen mobilen und eingebetteten Geräten, Chips, RFIDs, Sensorknoten, Smartphones etc. verknüpft und in Beziehung gesetzt. Diese kombinieren die virtuelle und die reale Welt und werden deswegen Cyber Physical Systems (CPS) genannt. CPS haben ein enormes Potenzial für viele Anwendungsbereiche und sind Enabler für viele Zukunftstechnologien. CPS verbreiten sich in unserem täglichen Leben sehr

rasch. Da sie auch die Verarbeitung und Speicherung von sensiblen Daten (Datenschutz) umfassen, sind sie auch ein attraktives Ziel für Cyberattacken und stellen ein Problem der IT-Sicherheit und Datensicherheit dar (siehe Kapitel 4.2).

In der Diskussion um Industrie 4.0 spielen der automatisierte Datenaustausch, die Auswertung von Daten, die Übertragung hoher Datenmengen in kurzer Zeit und die Verwendung dieser Daten für selbstständig eingeleitete weitere Produktionsvorgänge eine wesentliche Rolle für die Verbesserung der Arbeitsprozesse und die Erhöhung der Effizienz. Deshalb ist Industrie 4.0 stark mit dem Kommunikationssektor verbunden, und zwar sowohl mit der Übertragung und Vermittlung von Information einerseits, aber auch mit deren Inhalt andererseits. Hier verbindet sich die IT- mit der Telekommunikationswelt. Unternehmen, die in beiden Bereichen stark sind (Transport und Auswertung großer Datenmengen), haben im Konzept von Industrie 4.0 eine große Bedeutung. Diese Unternehmen müssen auch die Datensicherheit gewährleisten.

Aus diesem Grund ist es daher von Bedeutung, dass Unternehmen, die im Prozess der Digitalisierung der Wirtschaft und der Automatisierung von Prozessabläufen ihre Zukunft sehen, mit dem entsprechenden technologischen Rüstzeug ausgestattet sind (siehe Kapitel 5). Dies bedeutet, dass dem Telekommunikationssektor als „Enabler“ aber auch als Motor und Treiber der Entwicklung eine besondere Rolle zukommt. Dies betrifft

- die Anschlussnetzbetreiber, die mit hochbitratigen Breitbandanschlüssen dafür sorgen, dass Daten in hoher Geschwindigkeit und hoher Qualität zwischen Standorten bzw. CPS ausgetauscht werden können,
- die Backbone- und Backhaulbetreiber, die dafür sorgen, dass Verkehr in hoher Geschwindigkeit transportiert werden kann,
- die Internet Exchanges, die dafür sorgen, dass unterschiedliche Anbieter Verkehr miteinander austauschen können und zu niedrigen Kosten weiterleiten können,
- die Plattformbetreiber, die unterschiedliche Systeme integrieren und dadurch die Zusammenarbeit aller Beteiligten in einem wettbewerblich geprägten Markt möglich machen,
- die Cloud-Anbieter, die dafür sorgen, dass Speicherplatz extern zur Verfügung gestellt wird und dadurch mit einem schnelleren und leichteren Zugriff auf entsprechende Informationen das Geschäft beschleunigt werden kann, und
- die Diensteanbieter und Entwickler von Apps, welche die Möglichkeiten der Infrastruktur durch Anwendungen nutzen,

sowie viele andere Unternehmen in den Bereichen TK und IT, die dafür sorgen, dass Gegenstände, Produkte und Dienste selbstständig kommunizieren und Informationen austauschen und dadurch andere Prozesse beschleunigen und verbessern.

6.2 Erforderlichkeit zugesicherter Dienstgüte in TK-Netzen

Die Übertragung von Daten zwischen den Firmenstandorten geschieht in der Regel auf Basis des IP-Protokolls. Dabei stellt sich die Frage, ob das „öffentliche Internet“ in seiner gegenwärtigen Form als Infrastruktur ausreicht, oder ob dafür eigene private Kommunikationsnetze verwendet werden sollen, die auf die Anforderungen industrieller Kommunikation zugeschnitten sind.

Im Rahmen eines Treffens der Fachgruppe „Kommunikationsnetze & Cyber Physical Systems“ in Dortmund am 27. Mai 2014, die die Entwicklung einer „IKT.NRW Roadmap 2025“ zum Ziel hat, wurde diese Frage wie folgt beantwortet [8]:

„[CPS-Netze] müssen bestimmte Qualitätskriterien garantieren, unabhängig von der Anwendung sein und die Entstehung neuer Geschäftsmodelle bestmöglich unterstützen. Datensicherheit wurde dabei als Basisthema auf allen Ebenen des Cyber Physical Systems genannt – sowohl aus Netz- als auch aus Anwenderperspektive.“

Der Branchenverband BITKOM formuliert ähnliche Anforderungen. [9]

Eine besondere Herausforderung für die Definition von Anforderungen an TK-Netze in der industriellen Produktion liegt in der Heterogenität der Kommunikationsvorgänge, die realisiert werden sollen. Benötigen bestimmte Produktionsprozesse beispielsweise häufige und echtzeitkritische Datenübertragungen, so sind hier strenge Qualitätsvorgaben vonnöten, wohingegen andere ohne diese auskommen – und problemlos über das öffentliche Internet (Best-Effort) realisiert werden könnten. Dies legt nahe, dass es im industriellen Bereich keinen „one-size-fits-all“-Ansatz geben wird, sondern Anforderungen individuell festgelegt werden müssen. Hierfür ist ein Abgleich der Anwendungen mit den zur Verfügung stehenden (oder noch zu realisierenden) Technologien vorzunehmen. [8] [9]

7 Zusammenfassung

Die Einführung von Industrie 4.0 ist ein kontinuierlicher Prozess, der gestaltet werden will. Die Gestaltung ist notwendig, um die bestehende Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der industriellen Produktion zu erhalten und zu verbessern. Der Prozess muss politisch begleitet werden, um die notwendigen Schnittstellen für die Vernetzung überbetrieblicher Produktionsfaktoren und Systeme sicherstellen zu können. Forschung & Entwicklung sind daher zum bestehenden Zeitpunkt ein wesentlicher Faktor für die optimale Ausgestaltung der Rahmenbedingungen für die Einführung von Industrie 4.0.

Die ubiquitäre Vernetzung von Dingen wirft Fragen der IT-Sicherheit und Datensicherheit auf. Die Komplexität der Vernetzung stellt hier besondere Anforderungen. Auch die Telekommunikationsnetze müssen an die neuen Anforderungen adaptiert werden. Es werden flächendeckende Breitbandnetze zur Ab- und Zuführung der Datenströme benötigt. Dadurch wird der Ausbau der Zugangsnetze zum Endkunden immer wichtiger. Auch hier kann die Politik steuernd eingreifen.

Da die Einführung von Industrie 4.0 ein langjähriger Prozess sein wird, müssen Unternehmen Strategien für die Einführung entwickeln. Diese Strategien beginnen nicht nur bei den technischen Innovationen für neue Maschinen und Produktionsmittel, sondern müssen auch organisatorische Änderungen umfassen, um das gesamte Potenzial von Industrie 4.0 heben zu können.

Ein wesentlicher Aspekt ist die stetige Integration von vor- und nachgelagerten Produktionsprozessen bei Lieferanten und Kunden, um eine schnittstellenübergreifende Datenlage aufbauen zu können. Nur so können die Produktionsprozesse flexibler gestaltet und Kundenwünsche optimal berücksichtigt werden.

Abschließend versuchen wir noch eine Beantwortung der Fragen, die wir in der Einleitung gestellt hatten:

- **Wie können Standortvorteile für Regionen erreicht werden?**
Eine Lösung der Probleme des 21. Jahrhunderts erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Förderung dieser Zusammenarbeit, gezielte Forschung und Förderungen sind eine wichtige volkswirtschaftliche Aufgabe. Masterpläne und Strategien sowie Maßnahmen zu deren Umsetzung können die Wettbewerbsfähigkeit von Ländern und Regionen wesentlich verbessern.
- **Welche regulatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu schaffen, um die verfügbaren Basistechnologien zur Lösung der aktuellen Probleme optimal zu nutzen?**
Der Schutz personenbezogener Daten, IT-Sicherheit aber auch Haftungsfragen sind Themen, die adressiert werden müssen, um optimale Rahmenbedingungen für den Einsatz neuer Technologien zu schaffen. Nur wenn Rechtssicherheit vorhanden ist, werden die erforderlichen Investitionen erfolgen.
- **Was bedeuten diese internationalen Tendenzen für die Strategie einzelner Unternehmen? Welche Vorteile können Unternehmen daraus ziehen?**
Die Entwicklungen zu Industrie 4.0 sind für alle Industriezweige von Bedeutung. Durch Beschäftigung mit internationalen Trends und "best practices" können Strategien entwickelt werden, die dem Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil verschaffen.

8 Referenzen

- [1] BMBF: Die Hightech-Strategie für Deutschland, 2006
- [2] BMBF: Die Hightech-Strategie für Deutschland – Erster Fortschrittsbericht, 2007
- [3] BMBF: Ideen. Innovation. Wachstum; Hightech-Strategie 2020 für Deutschland, 2010
- [4] Bericht der Bundesregierung: Zukunftsprojekte der Hightech-Strategie (HTS-Aktionsplan)
- [5] Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0
- [6] Plattform Industrie 4.0: Whitepaper FuE-Themen, 3. April 2014
- [7] Mayerl, B. (2014): Der Fabrikant der nächsten Generation. Format 21.2014, S.45
- [8] <http://ikt.nrw.de/cyber-physical-nrw-profilieren/news/einzelmeldung/article/welche-kommunikationsnetze-brauchen-cyber-physical-systems/>
- [9] BITKOM/Fraunhofer (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland
- [10] Federal Networking and Information Technology Research and Development (NITRD): CPS Vision Statement published in 2012
- [11] European Technology Platform on Smart Systems Integration: Internet of Things in 2020 – A roadmap for the future. 5. September 2008
- [12] Spiegel online: Müllers Memo: Wenn die Maschinenstürmer doch recht behalten. 27. Juli 2014; <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/digitalisierung-kostet-arbeitsplaetze-fuer-mittelschicht-a-983064.html>