

vbw

Die bayerische Wirtschaft



Information

Dienstleistungspotenziale im Rahmen von Industrie 4.0

Stand: März 2014
www.vbw-bayern.de

Vorwort

Industrie 4.0 stärkt den Industrie-Dienstleistungsverbund

Die Digitalisierung ist ein wesentlicher Trend des wirtschaftlichen Strukturwandels. Als Teil dieses Trends zeichnet sich unter der Chiffre *Industrie 4.0* derzeit eine umfassende Vernetzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien mit klassischen industriellen Prozessen ab. Damit können sich deutsche Unternehmen stärker in Wertschöpfungsnetzwerke integrieren und ihre Fertigung kundenindividueller gestalten. Dank gesteigerter Produktivität und schnellerer Reaktion auf Kundenwünsche verbessern sie ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig.

Industrie 4.0 bietet für eine Vielzahl neuer Dienstleistungen überdurchschnittliche Wachstumsaussichten. Insbesondere auf folgenden Feldern entstehen Dienstleistungen, von denen die bayerische Wirtschaft profitieren kann: IT-Sicherheit, Steuer-, Regelungs- und Modellierungstechnologien, Standardisierung und Schnittstellen, Big Data, Web Services, Beratung, rechtliche Aspekte und Qualifizierung.

Gleichwohl sind einige Herausforderungen zu meistern, um eine erfolgreiche Realisierung der Dienstleistungspotenziale, die Industrie 4.0 verspricht, zu erreichen. Hierzu gehören der Aufbau leistungsfähiger und sicherer Plattformen, die Entwicklung von geeigneten Schnittstellen und Standards, das Vorantreiben der Grundlagenforschung auf diesem Gebiet sowie ein umfassender Wissenstransfer.

Unsere Broschüre *Dienstleistungspotenziale im Rahmen von Industrie 4.0* soll dazu beitragen, Produzenten wie Dienstleister über die Potenziale der digitalisierten Wertschöpfung zu informieren und damit einen konstruktiven Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit bayerischer Unternehmen zu leisten.

Bertram Brossardt
28. März 2014

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
1.1	Was ist Industrie 4.0?	1
1.2	Wen betrifft Industrie 4.0?	1
1.3	Welche Chancen und Risiken sind mit Industrie 4.0 verbunden?	2
1.4	Welche Herausforderungen müssen gelöst werden?	3
1.5	Wie sieht die Roadmap für Industrie 4.0 für ein Unternehmen aus?	4
2	Digitalisierung und Industrie 4.0.....	5
2.1	Digitalisierung als Treiber des Industrie 4.0-Konzepts.....	5
2.2	Digitalisierung als Voraussetzung für Wertschöpfungsnetzwerke.....	7
2.3	Herausforderungen an Ordnungsrahmen, Sicherheit und Technik.....	11
2.3.1	Wettbewerb:.....	11
2.3.2	Sicherheit:.....	12
2.3.3	Technik:	12
3	Bedeutung von Industrie 4.0-Konzepten.....	14
3.1	Bekanntheitsgrad in der Wirtschaft	14
3.1.1	Verbreitung im verarbeitenden Gewerbe und den unternehmensnahen Dienstleistungen	14
3.1.2	Verbreitung bei IT-Dienstleistern.....	15
3.2	Kerntreiber von Industrie 4.0.....	16
3.2.1	Etablierung neuer Hierarchien und Beherrschung des damit steigenden Komplexitätsgrades	17
3.2.2	Gewährleistung des steigenden IT-Sicherheitsbedarfs:	18
3.2.3	Interoperabilität herstellen:.....	18
3.2.4	Plattformen als Basis von Industrie 4.0	19
3.3	Hemmnisse von Industrie 4.0.....	22
4	Relevante Dienstleistungen für Industrie 4.0	23
4.1	Analyse von Big Data.....	24
4.2	Standardisierung und Schnittstellen	25
4.3	Sicherheit.....	26

4.4	Rechtliche Aspekte	27
4.5	Steuer-, Regelungs- und Modellierungssoftware.....	28
4.6	Beratung und Implementierung	28
4.7	Web Services.....	29
4.8	Qualifizierung.....	29
4.9	Konkrete Beispieldienstleistungen für Industrie 4.0	30
5	Industrie 4.0-Dienstleistungen	32
5.1	Verbreitung in der Wirtschaft.....	32
5.2	Verbreitung bei IT-Dienstleistern	34
6	Handlungsempfehlungen	38
6.1	Aufbau leistungsfähiger Plattformen für Industrie 4.0	38
6.2	Etablierung einer leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur.....	39
6.3	Gewährleistung der IT-Sicherheit.....	40
6.4	Erfüllung der notwendigen Qualifikationsanforderungen	41
6.5	Sicherstellung von Wissenstransfer und Grundlagenforschung.....	42
6.6	Schaffung von Kenntnis über Industrie 4.0.....	43
7	Ausblick.....	44
	Anhang	48
	Ansprechpartner / Impressum.....	50

1 Zusammenfassung

Fünf Fragen zu Industrie 4.0

1.1 Was ist Industrie 4.0?

Die Entwicklung industrieller Strukturen hin zu umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken unter Anwendung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien wird Industrie 4.0 genannt.

Ausgangspunkt ist die Digitalisierung als wesentlicher Trend des Strukturwandels. Sie befähigt als Querschnittstechnologie viele Branchen, erfolgreicher zu wirtschaften und zu wachsen. Diese Entwicklung steht nun vor einer radikalen Aufwertung. Unternehmen sind in der Lage, zunehmend ihre Systeme miteinander zu vernetzen und damit eine ganz neue Dimension hinsichtlich des Austauschs von Daten zu schaffen. Ein weiteres Merkmal der neuen Entwicklung ist, dass Maschinen und Anlagen sich selbst steuern und optimieren können.

Industrie 4.0 bietet das Potenzial, einen erheblichen Schub für die Wettbewerbsfähigkeit des ganzen industriellen Sektors auszulösen. Die wichtigsten Vorteile für Unternehmen sind:

- Die erhebliche Steigerung der Flexibilität und damit die Fähigkeit, besser auf Kundenwünsche zu reagieren und
- die Optimierung ihres Ressourceneinsatzes, wodurch Kosten gesenkt werden.

Deutschland steht weltweit an der Spitze der Entwicklung der Industrie 4.0-Konzeption, deren Entwicklung selbst noch in den Anfängen steckt. Wird dieser Vorsprung aufrechterhalten, können deutsche Unternehmen besonders stark profitieren. Deshalb gilt es, die Herausforderungen auf dem Weg zu einem breiten Einsatz von Industrie 4.0 bereits heute anzugehen.

1.2 Wen betrifft Industrie 4.0?

Industrie 4.0 ist für einen großen Teil des industriellen Sektors und der unternehmensnahen Dienstleistungen relevant. Schon heute zeichnet sich Deutschland durch umfassende und leistungsfähige Wertschöpfungsketten aus: Sie werden von Branchen organisiert, die für die Wettbewerbsfähigkeit und den Wohlstand Deutschlands besonders wichtig sind. Zu diesen Branchen gehören u. a. der Fahrzeugbau, der Maschinenbau, die Elektroindustrie sowie die Pharmaindustrie. Industrie 4.0 wird dazu beitragen, dass die Organisation der Wertschöpfungsprozesse komplexer wird. Die umfassende Vernetzung und der Umgang mit enormen Datenmengen werden zur Kernaufgabe der betroffenen Branchen.

Der Netzwerkcharakter von Industrie 4.0 hat auch Auswirkungen auf Unternehmen, die für ihr Produktportfolio und ihre Produktionsprozesse direkt nur relativ geringes Potenzial durch Industrie 4.0 sehen (z. B. kleine Lohnfertiger, die Kleinstkomponenten zuliefern). Auch sie werden sich den umfassenden Neuerungen anpassen müssen, die sich durch die Implementierung von Industrie 4.0 bei Partnern im gleichen Wertschöpfungsnetzwerk ergeben. Das heißt, sie werden ihre Produkte und Produktionsprozesse nach Industrie 4.0 ausrichten müssen, um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben.

Im Dienstleistungssektor werden durch Industrie 4.0 eine Vielzahl neuer Dienste entstehen, von denen bestehende Unternehmen profitieren können. Es entstehen Marktpotenziale, die für neue Unternehmen vielfältige Möglichkeiten bieten.

1.3 Welche Chancen und Risiken sind mit Industrie 4.0 verbunden?

Das Verarbeiten vollkommen neuen prozessspezifischen Daten und deren umfassende Verschränkung bieten Informationsvorsprünge, die zum jetzigen Zeitpunkt in ihrer Gänze noch gar nicht absehbar sind. Grundsätzlich gilt jedoch: Die *Produzenten* in Deutschland können durch die Umsetzung von Industrie 4.0 ihre Leistungserstellung deutlich effizienter und flexibler gestalten und ihrer Rolle als einer der weltweit führenden Industrieausrüster weiterhin gerecht werden. Ihre Wettbewerbsfähigkeit verbessert sich in der Folge deutlich.

Für die Produzenten, die den Anschluss an Industrie 4.0 verpassen, bestehen jedoch auch Risiken. Die zunehmende Individualisierung von Produkten bei weiter bestehender Notwendigkeit, Produktionskosten zu optimieren, wird bei klassischen Unternehmen ohne umfassende Vernetzung und selbststeuernde Prozesse zu einem Verlust von Wettbewerbsfähigkeit führen. Angesichts der sich immer weiter verschränkenden Wertschöpfungsnetzwerke besteht die Gefahr, als Lieferant für Unternehmen, die Industrie 4.0-fähige Prozesse implementiert haben, uninteressant – weil inkompatibel – zu werden.

Dienstleister können auf zwei Wegen von Industrie 4.0 profitieren:

- *Entwicklung von Leistungen für Industrieunternehmen*, die ihrerseits in die Lage versetzt werden, bei der Leistungserstellung Wettbewerbsvorteile zu generieren (z. B. Harmonisierung von verschiedenen IT-Systemen, damit keine Hierarchiehürden mehr bestehen).
- *Entwicklung von Lösungsbündeln produktbegleitender Leistungen*, die die Unternehmen in die Lage versetzt, Marktanteile zu gewinnen, indem sie Kunden einen höheren bzw. zusätzlichen Nutzen bieten (z. B. neuartige Analysemöglichkeiten von Daten zur besseren Verkehrsleitung).

Die durchgeführten Unternehmensbefragungen zeigen ein hohes Wachstumspotenzial für eine Vielzahl von Dienstleistungen. Insbesondere IT-Dienstleister messen einem Industrie 4.0-Dienstleistungsportfolio große Wachstumspotenziale bei. Dieses Potenzi-

al muss aber erst noch gehoben werden, da zum jetzigen Zeitpunkt noch kein Unternehmen mit Industrie 4.0 nennenswerten Umsatz generiert.

1.4 Welche Herausforderungen müssen gelöst werden?

Steuerungs- und Automatisierungsprozesse sowie unternehmensübergreifende Vernetzungen erfahren durch Industrie 4.0 eine vollkommen neue Dimension. Die große Mehrheit der Unternehmen hat sich mit den Implikationen noch nicht beschäftigt. Industrie 4.0 benötigt jedoch ein großes Maß an Aufmerksamkeit. Die Vorteile werden umso größer, je mehr Unternehmen in Wertschöpfungsnetzwerke eingebunden sind.

Industrie 4.0 erhöht die Komplexität in Unternehmensprozessen durch die erhebliche Anzahl neuer Interaktionen und den damit einhergehenden Anforderungen an Interoperabilität deutlich. Vernetzung und Datenaustausch innerhalb und zwischen Unternehmen werden dabei über zentrale Plattformen gesteuert. Die Plattformen dienen dabei – wie in Software- und Telekommunikationsmärkten – als Mittler und Übersetzer zur Beherrschung der zunehmenden Komplexität.

Damit Industrie 4.0 funktioniert und sich darauf aufbauend ein Markt für Dienstleistungen entwickelt, müssen die Rahmenbedingungen weiter verbessert und schon jetzt zukünftige Herausforderungen diskutiert werden. Die Unternehmen sehen mehrheitlich Hemmnisse bei drei Aspekten:

- Risiken in der IT-Sicherheit
- Rechtliche Unsicherheiten
- Nicht ausreichende Breitbandinfrastruktur

Die genannten Probleme müssen analysiert, umfassend diskutiert und angemessen gelöst werden. Nur dann hat Industrie 4.0 eine Chance, breite Wirkung zu entfalten. Mit der umfassenden Nutzung der Plattformen gehen Herausforderungen einher, die es zu lösen gilt. Technische und wettbewerbsrechtliche Fragen müssen dabei in den Vordergrund gestellt werden:

- Generell besteht die Möglichkeit, dass Plattformen entstehen, die zu gewissen Monopolisierungstendenzen neigen. Dies ist aus ordnungspolitischer bzw. wettbewerbsrechtlicher Sicht zu vermeiden. Schon auf Telekommunikations- und Softwaremärkten traten externe Netzeffekte auf, die dann im Sinne der Beschränkung der Marktmacht gelöst wurden.
- Die technische bedeutende Frage zielt darauf, dass für Industrie 4.0 ein hohes Maß an Interoperabilität bestehen muss. Bestehende Maschinen, Anlagen und IT-Systeme müssen im Verbund mit neuen Systemen und ihren Elementen interagieren können.

Ein auf Standards basierendes integratives Gesamtsystem wie Industrie 4.0 ist bis heute noch nicht existent. Deshalb unterschätzen Unternehmen auch die potenziellen

Hemmnisse, die eine fehlende Interoperabilität für den Erfolg von Industrie 4.0 bedeuten würde. Hier gilt es, die Unternehmen zu sensibilisieren. Derzeit ist die Gestaltungsfreiheit noch hoch, da sich Industrie 4.0-Konzepte erst in der Entwicklung befinden. Diese Freiräume können genutzt werden, um wichtige marktgestaltende Aspekte, die vom Übergang von Industrie 3.0 zu Industrie 4.0 eine wesentliche Rolle spielen, mitzubestimmen.

1.5 Wie sieht die Roadmap für Industrie 4.0 für ein Unternehmen aus?

Unternehmen müssen schon heute anfangen, sich mit dem Thema Industrie 4.0 zu beschäftigen, um nicht den Anschluss zu verlieren. Dabei benötigen sie Unterstützung und Hilfestellung.

Folgende erste Schritte markieren den erfolgreichen Weg zu Industrie 4.0:

1. Branchenverbände und Ministerien beschäftigen sich mit dem Thema Industrie 4.0 und vermitteln weiterführende Informationen, Best-Practice-Ideen und Ansprechpartner – auch auf Unternehmensebene. Auch die Plattformentwicklung im Rahmen von Forschungsprojekten wird aufmerksam verfolgt und begleitet.
2. Die Kontaktaufnahme mit Unternehmen, die schon im Rahmen von Industrie 4.0 Lösungen anbieten, wird angestrebt. Schon heute sind viele Unternehmen in Teilgebieten von Industrie 4.0 aktiv. Hier können konkrete Informationen gesammelt werden, ob Themen wie Machine-to-Machine-(M2M)-Kommunikation, spezifische Kommunikationsleistungen für Echtzeitinteraktionen oder RFID-Lösungen die eigene Produktion dazu befähigen, erste Schritte in Richtung Industrie 4.0 zu testen.
3. Innerbetrieblich erfolgt die Identifizierung unternehmensinterner Potenziale durch Industrie 4.0 im Rahmen einer unternehmensspezifischen „Vision“ von Industrie 4.0. Die Informationen, die durch die ersten beiden Schritte zusammengetragen wurden, werden verdichtet und spezifiziert, um konkrete Potenziale für das eigene Unternehmen ableiten zu können.
4. Es wird ein Handlungskonzept erstellt, wobei gegebenenfalls ein Berater für Implementierungsfragen Unterstützung leistet. Software- und IT-Systemberater können dabei hilfreich sein, konkrete Entwicklungsschritte für das Unternehmen zu erarbeiten.

2 Digitalisierung und Industrie 4.0

Auf dem Weg zur vollintegrierten Wertschöpfung

Die Ursache des Digitalisierungstrends liegt in einem rasanten Fortschritt der Computertechnologie, insbesondere bei Mikroprozessoren, Software, Such- und Speichermedien sowie Übertragungskapazitäten. Das *Moore'sche Gesetz* sagt aus, dass sich ungefähr alle 18 Monate die Schaltkreiskomponenten auf einem Computerchip verdoppeln.¹ Dieser Technologiefortschritt bildet eine wesentliche Grundlage der digitalen Revolution. Nutznießer dieser Entwicklung waren insbesondere amerikanische Technologieunternehmen. So gehören Apple, Google und Microsoft zu den zehn Unternehmen mit der höchsten Marktkapitalisierung der Welt.²

Viele Studien zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und der zunehmenden Digitalisierung. So stellt die von der vbw in Auftrag gegebene prognos-Studie *Digitalisierung als Rahmenbedingung für Wachstum* aus dem Jahr 2013 fest, dass die fortschreitende Digitalisierung signifikante positive Wachstumseffekte für die Volkswirtschaft – und speziell den Industrie-Dienstleistungsverbund – zur Folge hat. Digitale Technologien treiben den gesellschaftlichen Wandel. Fast der gesamte Daten- und Informationsbestand der Menschheit ist damit weltweit und zur gleichen Zeit verfügbar.

Die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) ist in den letzten Jahren zu einem zentralen Bestandteil der deutschen Wirtschaft geworden. Bereits 2007 lag 94 Prozent der weltweiten technologischen Informationskapazität digital vor.³

2.1 Digitalisierung als Treiber des Industrie 4.0-Konzepts

Die Digitalisierung befähigt als Querschnittstechnologie viele Branchen, erfolgreicher zu wirtschaften und zu wachsen. Sie durchdringt schon heute viele Produkte, Prozesse und Anwendungen und übt damit einen entscheidenden Einfluss auf weite Teile der Wirtschaft aus. Die Digitalisierung verändert Produktionsverfahren, indem Innovationszyklen deutlich verkürzt und neue Produktionstechniken eingeführt werden.

Als ein wesentlicher Teil des Digitalisierungstrends zeichnet sich unter der Chiffre Industrie 4.0 derzeit ein Zusammenwachsen moderner Informations- und Kommunikati-

¹ Vgl. Moore, G. E. (1965): Cramming more components onto integrated circuits, *Electronics* 38 (8), S.114-117

² Stand Juni 2013

³ Vgl. Hilbert, M.; Lopez, P. (2011): The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information, *Science* 332, S.60-65

onstechnologien mit klassischen industriellen Prozessen ab. Das entscheidend Neue beim Phänomen Industrie 4.0 wird in der vorliegenden Studie wie folgt definiert:

Definition von Industrie 4.0

Industrie 4.0 versetzt alle an der Wertschöpfung beteiligten Produzenten und Dienstleister, Menschen und Maschinen in die Lage, miteinander und untereinander über Webtechnologien in Echtzeit zu kommunizieren und selbststeuernd zu agieren.

Durch diese umfassende Vernetzung entsteht eine völlig neue Produktionslogik mit bisher nicht gekannten Formen an Flexibilität und Autonomie: Die Produkte und Werkstücke speichern Wissen, sind eindeutig identifizierbar, jederzeit lokalisierbar und können – auch ohne Einfluss von Menschen – miteinander interagieren, sich gegenseitig konfigurieren und selbststeuern. Aus traditionellen, eher statischen Wertschöpfungsketten werden integrierte, in Echtzeit gesteuerte *Wertschöpfungsnetzwerke*.

Der Digitalisierungsprozess innerhalb der Industrie kann somit als Startschuss für die vierte industrielle Revolution angesehen werden. Die damit einhergehenden Entwicklungen werden nach der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert, den wegweisenden Erfindungen um das Fließband Anfang des 20. Jahrhunderts und der beginnenden Fertigungsautomatisierung zu Beginn der 70er Jahre als Beginn der vierten Welle von industriellen Basisinnovationen angesehen.

Im sich weiter verschärfenden globalen Wettbewerb können deutsche Unternehmen Wettbewerbsvorteile erzielen, indem sie im Rahmen von Industrie 4.0 die Komplexität ihrer Fertigung erhöhen und sich in Wertschöpfungsnetzwerke integrieren. Damit können die Unternehmen den Zielen

- Erhöhte Flexibilität und eine bessere Reaktion auf Kundenwünsche und
- Steigerung der Produktivität bei Realisierung weiterer Effizienzreserven

besser gerecht werden.

Aus dieser Entwicklung folgt die Auflösung traditioneller Grenzen zwischen Industrie und Dienstleistungen. Innerhalb der entstehenden Wertschöpfungsnetze werden bestehende Dienstleistungen aufgrund neuer Anforderungen erweitert und vollkommen neue Dienstleistungen geschaffen werden.

Der Übergang zu Industrie 4.0 entfaltet sowohl aus Produkt- als auch aus Prozesssicht ein erhebliches Innovationspotenzial. Durch rapide sinkende Transaktionskosten und neue Wertschöpfungsketten lassen sich mit internetbasierten Technologien enorme Produktivitätsgewinne erzielen. Deshalb hat das Schlagwort Industrie 4.0 in letzter Zeit stark an Aufmerksamkeit gewonnen.

Ein Beispiel für Industrie 4.0 – der Industrieprozess von morgen

Ein Zylinder, der in Verbrennungsmotoren eingesetzt wird, wird aus der Gießerei angeliefert und in der Werkshalle auf ein autonom fahrendes Transportsystem – eine Art intelligenter Servierwagen – geladen. Auf der Fahrt durch die Werkshalle zu seinem Bestimmungsort, meldet der Zylinder über ein Drahtlosnetzwerk, welchen Bearbeitungsbedarf er hat. Er einigt sich mit einer freien Werkzeugmaschine, die dann angefahren wird und die schon etwaige weitere Vorbereitungsschritte wie die Organisation der benötigten Ressourcen einleitet. Die Kommunikationsprozesse übernimmt ein kleiner Webserver, der das Werkstück durch die Fabrik begleitet – das sogenannte cyberphysische System (CPS).

Alle Produktions- und Montagevorgänge werden zwischen Werkstücken und Maschinen ebenso frei ausgehandelt. Damit das Ganze nicht im Chaos endet, wachen Softwareplattformen über die Einhaltung von Regeln, um die trotz der scheinbaren Unordnung die pünktliche Fertigstellung aller Waren zu gewährleisten. Eine so organisierte Fabrik wäre eine völlige Abkehr von den bisher vorherrschenden zentral gesteuerten Systemen.

Das Zusammenwachsen von Informations- und Kommunikationstechnologien mit traditionellen industriellen Prozessen führt zur Entstehung von Cyber-Physical Systems (CPS). Sie beinhalten die Vernetzung von Maschinen, Lagersystemen und Betriebsmitteln über eine leistungsfähige Plattform. Die Steuerung erfolgt dabei im Wesentlichen autonom in einer Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M). Der Austausch von Informationen sowie das Auslösen und die Steuerung von Prozessen kann damit effizient und ohne Zutun von Menschen vollzogen werden. Der Mensch greift bei Bedarf in die Prozesse steuernd ein, überwacht diese und programmiert die einzelnen Anforderungen für die Maschinen und Anlagen.

Einzelne Prozesse und Interaktionen, die unter den Begriff Industrie 4.0 eingeordnet werden, sind schon heute in Anwendung. Diese *Industrie 3.0-Welt* arbeitet mit *embedded systems* (eingebetteten Elektroniksysteme) in geschlossenen, segmentierten Systemen. So werden in der Automobilindustrie RFID-Chips eingesetzt, um Werkstücke identifizieren zu können und Logistiksysteme mit GPS-Ortungssystemen versehen, um Warenströme optimieren zu können. Industrie 4.0 soll die vollständige Integration dieser Prozesse leisten, also eine barrierefreie Kommunikation zwischen einzelnen Applikationen. Damit kann ein wesentlich größerer und vernetzter Automatisierungsgrad erreicht werden, der die Flexibilität erhöht und den Ressourceneinsatz optimiert. Das Ziel ist die Etablierung eines integrativen Gesamtsystems.

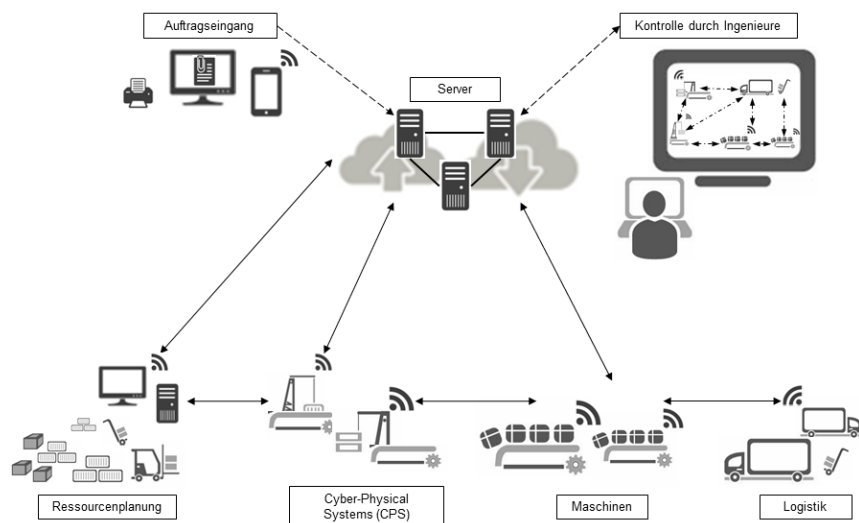
2.2 Digitalisierung als Voraussetzung für Wertschöpfungsnetzwerke

Die wesentliche Neuerung von Industrie 4.0-Umgebungen besteht darin, dass Produktionssysteme vertikal mit betriebswirtschaftlichen Prozessen innerhalb der Unterneh-

men vernetzt und horizontal in Wertschöpfungsnetzwerke eingebunden sind sowie in Echtzeit gesteuert werden können. Entscheidend ist dabei, dass die Akteure – egal ob Mensch oder Maschine – zu jeder Zeit über eine Plattform auf die generierten Daten zugreifen und diese verarbeiten können. Das setzt wiederum Standardisierungen auf Dienst- und Applikationsebene und sichere sowie effiziente Netzwerkstrukturen mit hohen Bandbreiten voraus, um beispielsweise Cloud-Dienste ausführen zu können. Dabei werden Daten auf externen Servern gespeichert, auf die über das Internet von jedem Ort auf der Welt zugegriffen werden kann. Bei der Vernetzung können die vertikale und die horizontale Vernetzung unterschieden werden, die aufeinander aufbauen.

Die erste Stufe ist die *vertikale Integration* und beinhaltet die umfassend vernetzte Kommunikation innerhalb eines Unternehmens. Verschiedene IT-Systeme werden für auf den Hierarchieebenen innerhalb eines Unternehmens (Abbildung 1) verknüpft und harmonisiert. In ein CPS eingebettete Systeme (*embedded systems*) kommunizieren in einer standardisierten Architektur drahtlos untereinander, um Optimierungs- und Steuerungsvorgänge *in Echtzeit* abwickeln zu können. Damit werden Produktivitätssteigerungen und Ressourcenoptimierungen innerhalb der Produktionsprozesse ermöglicht.

Abbildung 1
Vertikale Integration im Rahmen von Industrie 4.0



Quelle: IW Consult

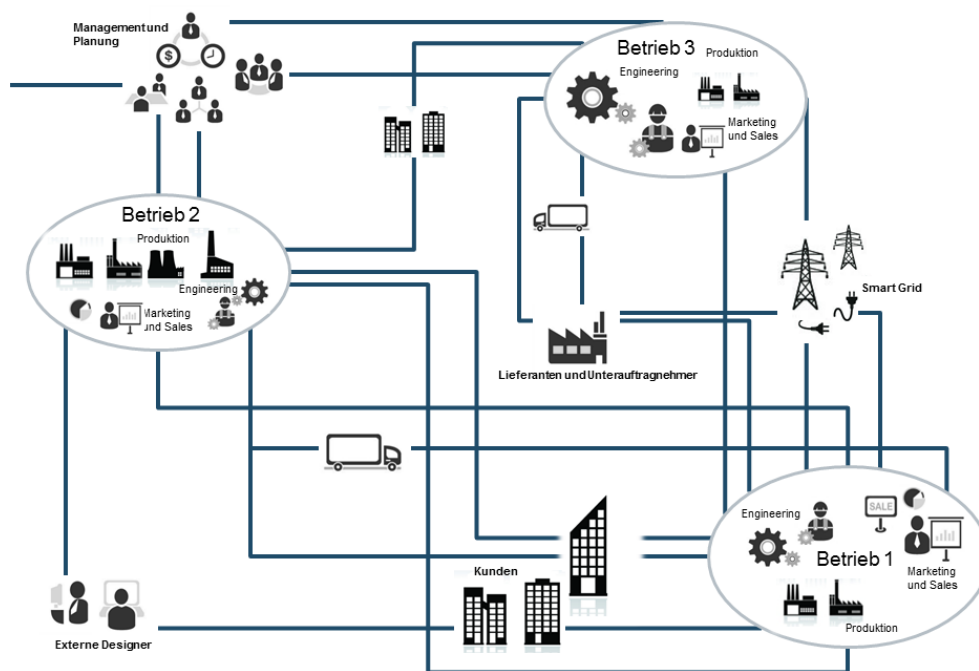
Entscheidend ist dabei auch die Erzielung eines höheren Flexibilisierungsgrades für die internen Produktionsprozesse des Unternehmens. Dabei wird eine Vielzahl von weiteren Informationen und Nebenbedingungen eingeführt, anhand derer die Produktionsprozesse optimiert werden können. Dazu zählen in Echtzeit abgefragte Verfügbarkeiten der Werkstücke, ihre Zustände sowie die Betriebsdauern und Positionen einzelner Maschinen und Anlagen. So können effizienter kleinere Losgrößen realisiert wer-

den, die einen höheren Individualisierungsgrad zur Folge haben – im Extrem bis hin zur Losgröße 1.

Die *horizontale Integration* baut auf der vertikalen Integration auf. Hier können technische Prozesse in übergeordnete unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse integriert und mit anderen Teilnehmern des Wertschöpfungsnetzwerkes in Echtzeit synchronisiert werden (Abbildung 2).

Abbildung 2

Horizontale Integration im Rahmen von Industrie 4.0



Quelle: IW Consult nach Hewlett-Packard (2013)

Die Bewältigung der neu entstehenden Komplexität im eigenen Unternehmen und über Unternehmensgrenzen hinweg führt zu vollkommen neuen Geschäftsmodellen auf der Dienstleistungsebene – z. B. die Nutzung von Big Data. Verschiedene IT-Systeme werden dafür in den unterschiedlichen Prozessschritten in Planung und Produktion zu einer durchgängigen Lösung in einem Wertschöpfungsnetz integriert. Material-, Energie- und Informationsflüsse können in einem einheitlichen Gesamtsystem verarbeitet werden, das auf einer leistungsfähigen Plattform fußt. Diese umfassende Vernetzung

setzt weitreichende Anforderungen an die Interoperabilität der interagierenden Objekte in dem Gesamtsystem – derzeit funktionieren die meisten Dienste und Applikationen noch nicht so interoperabel, wie es Industrie 4.0-Konzepte verlangen.⁴ Die horizontale Integration befähigt Unternehmen, die durch die vertikale Integration erlangten unternehmensinternen Produktivitäts- und Flexibilitätsvorteile auf ihr gesamtes Wertschöpfungsnetz zu übertragen. So können der Gesamtr Ressourceneinsatz, die Logistikketten, und andere unternehmensübergreifende Prozesse in globalen Wertschöpfungsketten in Abstimmung mit den übrigen Wertschöpfungspartnern zeitoptimiert und koordiniert gesteuert werden.

Zwei entscheidende Vorteile für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sind mit der horizontalen und vertikalen Einbindung der Produktionsprozesse verbunden:

- Flexibilität – Realisierung von individuellen Kundenwünschen
Durch die Flexibilisierung der Produktionsprozesse lassen sich Produkte in sehr kleinen Losgrößen rentabel produzieren. Die Vorteile sind vielfältig: Die Rüstkosten werden verringert. Produktionsvorgänge können in kürzeren Zeitabständen verändert und Produktionsausfälle besser kompensiert werden. Gleichzeitig lassen sich die Liefermengen leichter an die Nachfrage anpassen.

Beispiel: 3D-Drucker

Ein Beispiel für kleinste Losgrößen bieten Drucker mit Laser-Sintertechnologie (sogenannte 3D-Drucker), die computergesteuert komplexe 3D-Strukturen produzieren. Diese Entwicklung ermöglicht neue Geschäftsmodelle, in denen Kundenwünsche mit höchstem Individualisierungsgrad erfüllt werden können. Aber auch herkömmliche Produktionsprozesse lassen sich durch Industrie 4.0-Komponenten technologisch so ausstatten, dass ein wesentlich höheres Maß an Flexibilität erreicht wird.

- Produktivität – Ressourceneffizienz
Die Vernetzung der einzelnen Produktionsschritte führt zu einer höheren Effizienz, weil eine situationsbezogene Optimierung über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk erfolgen kann. Gleichzeitig lässt sich der Ressourcen- und Energieverbrauch über die direkte Kommunikation der einzelnen Maschinen optimieren. Eine Maschine kennt durch neuartige Steuer- und Regelungstechnik ihren optimalen Verbrauch und kann diesen an andere Akteure innerhalb des Wertschöpfungsnetzes kommunizieren. Neben der Identifizierung des optimalen Verbrauchs kann die Vernetzung

⁴ Während Unternehmensplanungssysteme (Enterprise Resource Planning, ERP) für Materialwirtschaft, Personalplanung, Kostenberechnungen und anderes zuständig sind, steuern Fertigungsmanagementsysteme (Manufacturing Execution System, MES) die Produktion. Die Daten der beiden Systeme sind allerdings nicht interoperabel, weswegen sie derzeit nicht in einem integrativen Gesamtsystem genutzt werden können.

einzelner Aktoren⁵ und Sensoren in einem umfassenden CPS Zeitvorteile in der Produktion bringen, da Leerzeiten verringert und Zeiten mit hoher Auslastung besser reguliert werden können. Das Timing im Wertschöpfungsnetzwerk wird so verbessert. Ganze Wertschöpfungsnetzwerke können durch die horizontale Integration von der höheren Produktivität und Effizienz profitieren.

2.3 Herausforderungen an Ordnungsrahmen, Sicherheit und Technik

Für die Etablierung solcher Wertschöpfungsnetzwerke und die reibungslose und leistungsfähige Funktion von Industrie 4.0 sind Plattformen unerlässlich, da die deutlich steigende Komplexität beherrscht werden muss. Deshalb müssen die damit einhergehenden spezifischen Risiken und Herausforderungen diskutiert werden. Insbesondere drei Aspekte gilt es zu beachten:

2.3.1 Wettbewerb

Plattformen mit externen Netzeffekten neigen zu Monopolisierungstendenzen.⁶ Grundsätzlich lässt sich ein natürliches Monopol nicht von Anfang an als negativ bewerten. Volkswirtschaftlich unerwünscht ist ein Monopol dann, wenn das Unternehmen seine Marktstellung ausnutzt und damit seine Marktmacht missbraucht, wodurch Wettbewerb verhindert wird.

Als weitere wichtige Auswirkung auf den Wettbewerb muss berücksichtigt werden, dass Plattformbetreiber ihre originäre Marktmacht auf den Plattformmärkten nutzen können, um auch in nachgelagerten Anwendungsmärkten leichter Fuß zu fassen. Somit kann eine marktbeherrschende Stellung auf einer Plattform (einem Primärmarkt) Marktmacht auf verbundenen Komplementärmärkten (Sekundärmärkten) begründen. Sind sich die Produkte von Primär- und Sekundärmarkt in ihrer Entwicklung und ihrer Herstellung ähnlich, entstehen häufig Kostenvorteile, wenn diese Produkte innerhalb eines Unternehmens entwickelt und angeboten werden. Open-Source-Technologien können in diesem Umfeld Ausgleichgewichte schaffen.

Es ist nicht auszuschließen, dass Industrie 4.0-Plattformen Monopolisierungstendenzen mit allen Vor- und Nachteilen aufweisen. Dieses Problem ist bereits auf vielen anderen Märkten mit externen Netzeffekten zu beobachten, beispielsweise im Telekom-

⁵ Ein Aktor ist eine Software-, Elektronik oder Mechanikkomponente, die elektronische Signale in mechanische Bewegung oder Druck- bzw. Temperaturregulierung umwandelt.

⁶ Verschiedene Standards oder Technologien existieren häufig nicht nebeneinander, sondern es setzt sich ein dominanter Standard bzw. Technologie durch. Dabei handelt es sich um sogenannte *Winner-takes-it-all-Märkte*: Der Nutzen an einem Standard oder einer Technologie wächst, wenn dessen Nutzerzahl größer wird. Dominante Standards oder Technologien ziehen dementsprechend ab einer kritischen Masse exponentiell Nutzer an und können dadurch Marktmacht ausüben. Vgl. Shapiro, C., Varian, H. (1998): *Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy*. Harvard Business School Press

munikations- oder Softwaremarkt. Damit sind viele Herausforderungen bekannt, die auf das Marktdesign im Rahmen von Industrie 4.0 zukommen werden. Deshalb sollte schon heute über ein möglichst effizientes und marktfreundliches Design diskutiert werden.

2.3.2 Sicherheit

Das Vertrauen auf sichere Datenströme entscheidet über den Erfolg von Industrie 4.0. Nur wenn die technischen Voraussetzungen für eine leistungsfähige IT-Sicherheit bestehen, werden die Unternehmen eine umfassende Vernetzung ihrer sensiblen Informationsströme in Erwägung ziehen. Dabei sind drei Dimensionen relevant:

- Schutz der geistigen Eigentumsrechte (Intellectual Property)
- Schutz der prozesstechnischen Datenströme (Kryptographie)
- Schutz der notwendigen Verfügbarkeit von Datenströmen (Zeitkritikalität bei Echtzeitströmen, Ressourcenverfügbarkeit)

In zunehmendem Maße sicherheitsrelevant wird auch die Gefahr sogenannte Denial-of-Service-(DoS)-Attacken. Dabei wird die IT-Infrastruktur von externen Angreifern gezielt überlastet, wodurch die Verfügbarkeit von IT-Diensten eingeschränkt oder ausgeschaltet wird. Wenn eine Vielzahl von Maschinen und Anlagen direkt über IP-Adressen aus dem Internet angesteuert werden können und damit viele Wege in ein Unternehmen führen, steigt die Gefahr, dass diese Wege für externe Angriffe genutzt werden. Als Gegenmaßnahmen können Analyse- und Filtermaßnahmen sowohl auf dem betroffenen Rechner als auch auf dem Grenzrouter des Providers eingerichtet werden. Letzteres ist insbesondere die effektivere Variante bei Überlastungen des Internetzuzgangs. In diesem Zusammenhang werden ebenfalls Plattformen eine bedeutende Rolle spielen.

2.3.3 Technik

Plattformen müssen insbesondere drei Dinge leisten: Sie müssen Komplexität beherrschen, Interoperabilität zwischen Systemen herstellen und sichere Datenströme garantieren.

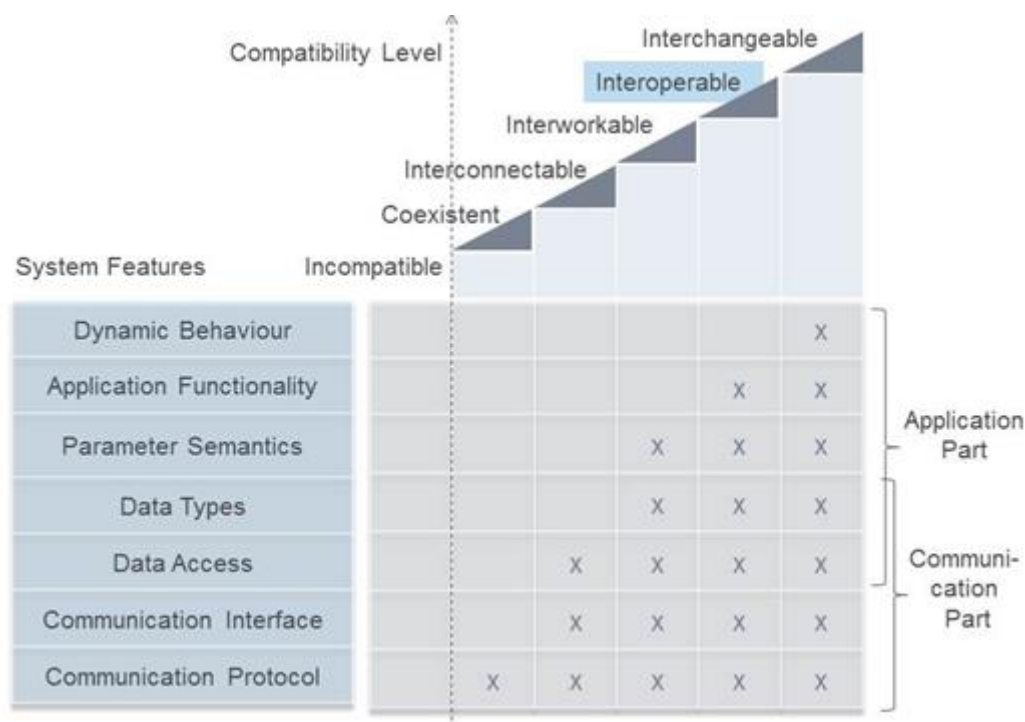
Beispiel zur Interoperabilität

Ein Asiate und ein Europäer können miteinander von Hongkong und München telefonieren. Die Kommunikationstechnik ist interoperabel, weil Gespräche zwischen den Kontinenten möglich sind. Wenn aber keine der beiden die Sprache des anderen spricht, versteht der Eine nicht, was der Andere will. Eine Interoperabilität auf Applikationsebene würde dagegen bedeuten, dass dieser Kompatibilitätsschritt „zum Verstehen“ für die Interaktion zwischen Diensten oder Applikationen garantiert werden kann.

Bei Applikationen von verschiedenen Herstellern, die im Industrie 4.0-Konzept massenhaft miteinander interagieren müssen, stellt dies eine große Herausforderung an die Entwicklung neuer Schnittstellen.

1. Alle drei Aspekte sind Kernherausforderungen bei der Entwicklung der Plattformen, da ohne sie Industrie 4.0 als horizontales Wertschöpfungsnetzwerk nicht vorstellbar ist. Abbildung 1 verdeutlicht dabei die Herausforderungen, die an Interoperabilität gestellt werden. Dabei geht es längst nicht nur um Interoperabilität auf Bit-Ebene, also dass beispielsweise die Kommunikationsströme technisch barrierefrei verlaufen können. Vielmehr ist es entscheidend, dass auf Applikationsebene Interoperabilität herrscht.

Abbildung 1
Interoperabilität in einem Schichtenmodell



Quelle: IW Consult nach Standard IEC (TC 65/290/DC)

3 Bedeutung von Industrie 4.0-Konzepten

Geringe Verbreitung bei IT-Dienstleistern und der Wirtschaft

3.1 Bekanntheitsgrad in der Wirtschaft

In Rahmen dreier Online-Unternehmensbefragungen wurde die Verbreitung von Industrie 4.0-Konzepten und dabei bestehenden Hemmnissen näher untersucht. Es wurden knapp 300 IT-Dienstleister befragt, die aufgrund ihrer Branchenzugehörigkeit eine besondere Affinität zu den Themen rund um Industrie 4.0 aufweisen sollten, knapp 1.400 Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe und den unternehmensnahen Diensten aus Deutschland und rund 700 Unternehmen aus diesen Branchen mit Sitz in Bayern. Alle drei Befragungen wurden von Mitte Juni bis Mitte Juli 2013 durchgeführt.

Industrie 4.0-Konzepte sind relativ neu. Deshalb muss zunächst danach gefragt werden, wie bekannt und verbreitet der Begriff Industrie 4.0 und die damit verbundenen Überlegungen überhaupt sind. Dies ist auf zwei Wegen erfolgt: Zum einen wurde die Wirtschaft insgesamt befragt, zum anderen wurde in Fokus auf IT-Dienstleister gelegt, die als Branche besonders von Industrie 4.0 profitieren können.

3.1.1 Verbreitung im verarbeitenden Gewerbe und den unternehmensnahen Dienstleistungen

Lediglich 2,5 Prozent der befragten Unternehmen haben sich schon intensiv mit Fragestellungen rund um das Industrie 4.0-Konzept beschäftigt. Jedes zehnte Unternehmen informierte sich bereits am Rande über das Phänomen (Tabelle 1).

Tabelle 1

Kenntnisse zum Konzept Industrie 4.0

<i>Grad der Beschäftigung mit Industrie 4.0</i>	<i>In Prozent</i>
Intensiv	2,5
Am Rande	9,5
Bisher lediglich von Industrie 4.0 gehört	28,1
Noch nicht von Industrie 4.0 gehört	59,9
Gesamt	100,0

Angaben von 1.400 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und der unternehmensnahe Dienste in Deutschland; Datenstand Juli 2013
Quelle: IW Consult (2013)

Die große Mehrheit mit knapp 90 Prozent hat sich bisher mit dem Thema Industrie 4.0 noch nicht beschäftigt. 60 Prozent der befragten Unternehmen haben nicht einmal den Begriff gehört. Das neue an Industrie 4.0 ist, dass viele verschiedene, bereits existierende Schlagworte unter diesem Leitbegriff zusammengefasst werden können. Da das Konzept eine umfassende Verflechtung in Wertschöpfungsnetzwerken als Grundlage hat, ist eine breite und umfassende Streuung der Vorteile und Voraussetzungen von Industrie 4.0 notwendig.

Bei einem hohen Diffusionsgrad von Industrie 4.0 und einer konsequenten Etablierung von Wertschöpfungsnetzwerken wird eine Vielzahl von Unternehmen direkt (indem sie selber Industrie 4.0-Konzepte einsetzen) oder indirekt (indem sie an die Anforderungen von Industrie 4.0 angepasste Produkte und Dienstleistungen an Unternehmen liefern) mit Industrie 4.0 in Berührung kommen. Wichtig ist dementsprechend, dass Industrie 4.0 den Grad an Aufmerksamkeit erhält, der dem Konzept im Hinblick auf seine herausragenden Potenziale zusteht. Positiv ist, dass viele Verbände und andere interessierte Akteure das Thema aufgreifen und damit als Multiplikatoren auftreten.⁷

3.1.2 Verbreitung bei IT-Dienstleistern

Gut ein Viertel der befragten IT-Dienstleister hat sich schon aktiv mit dem Konzept Industrie 4.0 auseinandergesetzt (Tabelle 2).

Tabelle 2

Kenntnisse zum Konzept Industrie 4.0 (IT-Dienstleister)

<i>Grad der Beschäftigung mit Industrie 4.0</i>	<i>In Prozent</i>
Intensiv	10,3
Am Rande	18,2
Bisher lediglich von Industrie 4.0 gehört	23,5
Noch nicht von Industrie 4.0 gehört	48,0
Gesamt	100,0

Angaben von 280 IT-Dienstleistern in Deutschland; Datenstand Juli 2013
Quelle: IW Consult (2013)

⁷ Die Verbände BITKOM, VDMA und ZVEI haben eine Plattform Industrie 4.0 gegründet, die über aktuelle Entwicklungen in diesem Bereich informiert. Darüber hinaus werden viele Konferenzen zu dem Thema gehalten, wie beispielsweise die EMO Hannover mit dem Thema „Intelligence in Production“, die im September 2013 veranstaltet wird, der von der Zeitschrift Markt&Technik organisierte Summit Industrie 4.0 im Oktober 2013 oder der in Esslingen gehaltene Fachkongress zum Thema „Industrie 4.0: Von der Strategie zur Praxis“ im Dezember 2013.

Knapp drei Viertel hat dagegen lediglich höchstens von dem Begriff Industrie 4.0 gehört. Hier zeigt sich, dass selbst in IT-affinen Sektoren der Begriff Industrie 4.0 noch nicht mehrheitlich von den Unternehmen wahrgenommen wurde. Ein Grund dafür ist, dass viele IT-Dienstleister in anderen Bereichen tätig sind und dementsprechend keine Berührungspunkte mit Industrie 4.0 haben.

Im Vergleich zur Befragung im Verarbeitenden Gewerbe und anderen unternehmensnahe Dienstleistungen beschäftigt sich bei den IT-Dienstleistern gleichwohl ein deutlich höherer Anteil an Unternehmen mit Industrie 4.0. Jedes zehnte IT-Dienstleister in der Befragung hat sich schon intensiv mit Industrie 4.0-Konzepten auseinandergesetzt und damit ein etwa viermal so großer Anteil, wie bei den Produzenten.

3.2 Kerntreiber von Industrie 4.0

Um einen tieferen Einblick in die Welt der Dienstleistungen um das Phänomen Industrie 4.0 zu erhalten, wurden sechs Experteninterview geführt.⁸ Die Interviews wurden sowohl mit Vertretern der Wissenschaft als auch der Wirtschaft geführt, um einen möglichst umfassenden Einblick in die Potenziale von Dienstleistungen zu erhalten. Die Interviews greifen die wichtigsten Punkte, die hier bereits diskutiert wurden, nochmals heraus und vertiefen sie. So werden die Schwerpunkte deutlich, auf die der Fokus bei der weiteren Entwicklung von Industrie 4.0 gelegt werden sollte. Daneben wurden im Rahmen der durchgeführten Unternehmensbefragungen Hemmnisse bei der Verbreitung von Industrie 4.0 abgefragt.

Als ein Kern der Interviews kristallisierte sich heraus, dass viele Entwicklungen, die heute mit Industrie 4.0 assoziiert werden, schon seit einigen Jahren in vor allem größeren Industrieunternehmen Einzug erhalten haben, sich durch die neu entstehenden Technologiepotenziale aber zunehmend beschleunigen.

Durch die bisher noch unscharfe Abgrenzung des Phänomens wird eine Vielzahl von Teilaspekten von Industrie 4.0, wie *M2M* oder *Big Data*, darunter subsumiert, um die Zugehörigkeit zum Schlagwort Industrie 4.0 und die damit einhergehende Aufmerksamkeit teilen zu können. In der Anfangsphase kann dies als Vorteil gesehen werden, weil so die Aufmerksamkeit und Verständlichkeit von Industrie 4.0 erhöht wird. In der Weiterentwicklung sollte gleichwohl eine scharfe Definition gefunden werden, um den

⁸ Wir möchten uns herzlich bei folgenden Interviewpartnern für Ihr Engagement bedanken:
Herr Prof. Dr. Berlak, Geschäftsführer, software4production GmbH, München
Herr Prof. Dr. Drechsler, Geschäftsführer DFKI für CPS, Bremen
Herr Dreher, Strategic Technology Manager, Belden Inc., Neckartenzlingen
Herr Dr. Eberle, Senior Technical Consultant, INSYS Microelectronics GmbH, Regensburg
Herr Schreck, Geschäftsführer, GTI control GmbH, Marktheidenfeld
Herr Walter, Sales&Marketing-Manager, SSV Software Systems GmbH, Hannover

Begriff zu konkretisieren und damit zukünftige Herausforderungen präziser adressieren zu können. Alle Experten sprechen – bei richtiger Ausgestaltung der Rahmenbedingungen – von großen Wachstumspotenzialen im Rahmen von Industrie 4.0 aufgrund der möglichen Flexibilitäts- und Produktivitätsfortschritte.

Die Verwendung eines Schlagwortes für die vielfältige Verwendung von Industrie 4.0 befähigt das Konzept zu einer größeren Bekanntheit und damit höheren Erfolgswahrscheinlichkeit. Wie die Unternehmensbefragungen in dieser Studie zeigen, ist die Bekanntheit derzeit noch relativ gering. Durch die Schaffung eines *Leuchtturms*, der als Orientierung auf dem Weg zur Implementierung von Industrie 4.0-Ansätzen dient, wird Aufmerksamkeit für die Potenziale und Herausforderungen geschaffen, die mit diesem Konzept einhergehen. Gerade aus Effizienzgesichtspunkten ist es sinnvoll, bereits bestehende, Industrie 4.0-affine Methoden, Verfahren und Systeme einzubinden.

Gleichwohl ist eine evolutionäre Entwicklung sehr schwierig, da Technologiesprünge und tiefgreifend neue Anforderungen an ein Gesamtsystem (Plattformen, Interoperabilität, Sicherheit, etc.) entstehen, die aufgrund der umfassenden Vernetzung und der damit deutlich steigenden Komplexität weit über bisherige Herausforderungen der herkömmlichen Industrie 3.0-Konzeption hinausgehen. Die derzeit stark voneinander getrennten Partialsysteme müssen auf eine neue Ebene der Interaktion und Zusammenarbeit gehoben werden. Die damit einhergehenden Herausforderungen können als Kerntreiber verstanden werden, da ohne sie eine umfassende Verbreitung von Industrie 4.0 nach heutigem Stand nicht möglich erscheint.

3.2.1 Etablierung neuer Hierarchien und Beherrschung des damit steigenden Komplexitätsgrades

Derzeit sind in vielen Unternehmen Prozesse noch vertikal organisiert und wenig vernetzt. Vertikal organisiert heißt in diesem Kontext, dass Unternehmensbereiche relativ losgelöst voneinander parallel organisiert und nicht auf gleichen Hierarchiestufen miteinander vernetzt sind. Zukünftig müssen Hierarchien horizontal ausgerichtet werden, um die Interaktionen zwischen den einzelnen Akteuren effizient organisieren zu können. Horizontal organisiert heißt in diesem Zusammenhang, dass verschiedene IT-Systeme über Schnittstellen miteinander in Echtzeit kommunizieren können oder ein integratives, die einzelnen Systeme ersetzendes Gesamtsystem implementiert wird.

Aufgrund des teilweisen Auflösens von Hierarchien besteht die Notwendigkeit zur Etablierung neuer Organisationsstrukturen, die wiederum einzelnen Kommunikations- und Datenströmen unterschiedliche Relevanzen und Prioritäten zuordnen können. Durch die beständig zunehmenden Wechselwirkungen innerhalb dieser komplexen, hochvernetzten Systeme besteht sonst die Gefahr von chaotischen Zuständen. Dieses Chaos in den Hierarchien würde den potenziell positiven Effekten von Industrie 4.0, Flexibilität und Ressourceneffizienz zu befördern, massiv entgegenstehen.

Deshalb wird eine Architektur benötigt, die die Stabilität für ein integratives Gesamtsystem in den Unternehmen gewährleisten kann. Diese Aufgabe können Plattformen

übernehmen, die die Kommunikations- und Datenströme zusammenführen, verdichten, verarbeiten und steuern.

3.2.2 Gewährleistung des steigenden IT-Sicherheitsbedarfs:

Die vielfältige Vernetzung interner und externer Datenströme stellt Unternehmen vor die Herausforderung, einen deutlich höheren sicherheitstechnischen Aufwand zu betreiben, da das Angriffspotenzial von nicht autorisierten externen Zugriffen erheblich steigt. Das bedeutet, dass sich Unternehmen in Zukunft wesentlich umfassender mit der IT-Sicherheit beschäftigen müssen. Bisher ist sensibles Wissen primär in den Köpfen von Ingenieuren und anderen Forschern und Entwicklern gespeichert. Wenn nun zunehmend auch Wissen in Datensätzen im Zuge von umfassenderen Automatisierungsprozessen gespeichert wird, steigt damit auch das Risiko des Missbrauchs.

Es muss klar sein, dass derzeitige Sicherheitstoleranzen wie beim elektronischen Geschäftsverkehr viel zu hoch angesetzt sind. Es werden beispielsweise immer wieder Bankterminals und Bankkarten erfolgreich angegriffen, ohne dass den Kunden ein finanzieller Schaden entsteht, da Versicherungslösungen existieren. In einem sicheren System dürften diese erfolgreichen Angriffe gar nicht existieren. Solche Anforderungen benötigt indes Industrie 4.0: Wenn einmal sensibles Produktions-Know-How erfolgreich gekapert wurde, helfen auch keine Versicherungslösungen. Die Implementierung von Schadsoftware muss dementsprechend von Anfang an verhindert werden.

Deshalb ist zu diskutieren, ob jede Anlage und Maschine mit einer öffentlichen IP-Adresse ausgestattet werden sollte und damit prinzipiell von überall aus dem Netz angesprochen werden kann oder ob es sinnvoller ist, über eine übergeordnete Plattform eine gefilterte Kommunikation zuzulassen, an der wiederum Maschinen und Anlagen mit privaten IPs angeschlossen sind. Diese Plattform – die als Referenzarchitektur dient und damit eine Schlüsselrolle zum Gelingen von Industrie 4.0 spielt – kann die Kommunikationswege organisieren und damit eine effiziente Lastenverteilung gewährleisten. Vollkommen offene Kommunikationswege tragen demgegenüber das Risiko in sich, dass spezifische Sicherheitsangriffe einfacher durchgeführt werden können (bspw. DoS-Attacken), was im schlimmsten Fall zum Stillstand der Produktion oder zum Abfluss von sensiblem Wissen führen kann.

3.2.3 Interoperabilität herstellen:

Wie schon diskutiert ist die Herstellung von Interoperabilität ein entscheidendes Kriterium für den Erfolg von Industrie 4.0. Die vielfältigen bestehenden und neu zu entwickelnden Maschinen, Anlagen und IT-Systeme müssen miteinander interagieren können. Hierfür ist auf einem relativ komplexen Niveau – auf der Applikationsebene – Interoperabilität notwendig. Interoperabilität kann mit der Etablierung neuer Standards und Schnittstellen gewährleistet werden. Dafür ist allerdings ein Zusammenarbeiten der Unternehmen notwendig. Standards müssen unternehmensübergreifend anerkannt sein, damit sie auch flächendeckend eingesetzt werden. Ohne diese Voraussetzung ist

es zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorstellbar, dass horizontale Wertschöpfungsnetzwerke zwischen einer Vielzahl von Unternehmen etabliert werden können.

3.2.4 Plattformen als Basis von Industrie 4.0

Abbildung 4 stellt die genannten drei Grundvoraussetzungen für das Gelingen von Industrie 4.0 grafisch dar. Ohne den Treiber von stabilen, sicheren und interoperablen Plattformen ist es nicht möglich, die technischen Herausforderungen, die mit Industrie 4.0 als integratives Gesamtsystem einhergehen, zu bewältigen und damit eine schnelle Verbreitung von Industrie 4.0 zu gewährleisten.

Abbildung 4

Kerntreiber für das Gelingen von Industrie 4.0



Quelle: IW Consult

Industrie 4.0 muss in der Realität deutscher Unternehmen verankert werden. Die Entwicklung standardisierter Plattformen in groß angelegten Forschungsprojekten wird dabei von den Interviewpartnern als eine entscheidende Aufgabe genannt. Die Plattformen müssen als Referenzarchitektur eine erhöhte Stabilität bieten, weil vielfältige (unternehmensübergreifende) Vernetzungen und deren Wechselwirkungen höhere Anforderungen an stabile (und resiliente) Prozesse stellen. Beispiele für Forschungsprojekte sind Verbundprojekte wie *CyPros*, *ProSense* und *KapaflexCy* (Näheres siehe Anhang). Die wissenschaftlichen Vorarbeiten in Zusammenarbeit mit großen Unternehmen sind aus zwei Gründen ganz wesentlich für den Erfolg von Industrie 4.0:

- Eine konzertierte Grundlagenforschung mit vielen Großunternehmen im Verbund verspricht grundsätzlich eine Lösung mit größerem Marktdurchdringungspotenzial.
- Kleine und mittelständische Unternehmen haben nicht genügend Ressourcen, um allein die notwendigen umfassenden Voraussetzungen im Rahmen von Industrie 4.0

in ihren Unternehmen erarbeiten und implementieren zu können. Sie können mithin von den Forschungsergebnissen erheblich profitieren.

Derzeit scheint es laut den Experten allerdings so zu sein, dass die drei genannten Forschungsprojekte jeweils eine eigene Sicht auf ihre Dinge entwickeln und sich weniger um das spätere Marktdurchdringungspotenzial kümmern. Um eine Diffusion zu erreichen, ist es nach Expertenmeinung notwendig, folgende drei Punkte zu beachten:

- Die Komponente der horizontalen Wertschöpfungsnetzwerke mit einem unternehmensübergreifenden Austausch von Informationen kann nur über standardisierte Systeme und Schnittstellen gesichert werden. Interoperabilität sollte schon in diesem frühen Forschungsstadium von entscheidender Bedeutung sein.
- Open-Source-Plattformen sind wichtig, weil alle Unternehmen von der Grundlagenforschung gleichermaßen profitieren können. Die nutzerspezifische Implementierung erfolgt dann über eine einheitlichen Basis.
- Insbesondere KMU werden nicht alle denkbaren Komponenten und Entwicklungen im Rahmen von Industrie 4.0 benötigen. Deswegen müssen Module erarbeitet werden, die in kleineren Rahmen funktionsfähig sind.

Weitere Treiber für die Verbreitung von Industrie 4.0 sind die Grundlagenforschung und die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Politik und Wirtschaft für einen effizienten Wissenstransfer. In diesem Rahmen müssen Plattformen so flexibel entwickelt werden, dass sie von einer Vielzahl von Unternehmen genutzt werden können. Sofern diese Punkte in der weiteren Entwicklung berücksichtigt werden, wird dem in diesem Umfeld entstehenden Dienstleistungsmarkt ein großes Potenzial attestiert.

Beispiel

Apple stellte zur Einführung des iPhones mit dem „App Store“ eine Plattform, auf der Apps von externen Entwicklern programmiert werden konnten.⁹ Die Entscheidung, freien Programmierern die Möglichkeit einzuräumen, Apps zu entwickeln und auf der Apple-Plattform zu vermarkten, bescherte dem App Store exponentielle Wachstumsraten. Gab es im Juli 2008 erst rund 500 verfügbare Apps, stieg diese Zahl bis Juli 2013 auf über 900.000, die über 50 Milliarden mal heruntergeladen wurden.¹⁰

⁹ Apple bietet das iOS SDK kostenlos zusammen mit der Entwicklungsumgebung Xcode an.

¹⁰ Vgl. <https://itunes.apple.com/WebObjects/MZStore.woa/wa/viewFeature?id=660896396&mt=8?v0=www-appstore5yr-itunes>, Stand 19. Juli 2013

Das Beispiel zeigt, dass bei Bestehen einer standardisierten Infrastruktur, die offene Entwicklungen ermöglicht, Dienstleistungen allein deshalb entwickelt werden, weil die Marktchancen existieren. Den später dargestellten Dienstleistungsfeldern (Abbildung 5) wird dementsprechend ein überdurchschnittliches Wachstumspotenzial zugesprochen, wenn die Rahmenbedingungen stimmen.

Wird diese konsequente Entwicklung hin zu Plattformen und Interoperabilität nicht konsequent verfolgt, werden nach Expertenmeinung zumindest für Großunternehmen die Grenzen zwischen einer Weiterentwicklung von Industrie 3.0 und Industrie 4.0 fließend sein. Viele einzelne Neuerungen, die zum Konzept von Industrie 4.0 zugeordnet werden, finden schon jetzt Anwendung in Großunternehmen. Derzeit arbeiten schon viele einzelne sogenannte *embedded systems* in abgeschlossenen Systemen.¹¹

Das Neue dagegen ist die umfassende, unternehmensübergreifende Vernetzung von Menschen und Maschinen über einheitliche Plattformen, IT-Systeme und Cloudansätze. Die segmentierten Partialsysteme werden also zu integrativen Gesamtsystemen zusammengeführt bzw. erweitert. Ohne die Plattformen, die dazu notwendig sind, wird die weitere Entwicklung voraussichtlich wesentlich schleppender und schwächer verlaufen, als wenn eine Öffnung zu solchen integrativen Gesamtsystemen stattfindet.

Ob diese Öffnung über *Open Source* oder proprietäre Systeme laufen sollte, muss vor diesem Hintergrund diskutiert werden. Open Source-Systeme bieten den Vorteil, dass relativ geringe Implementierungskosten bei der Nutzung von Plattformen zu erwarten sind. Kleine und mittlere Unternehmen könnten dadurch schneller in den Markt von Industrie 4.0 eintreten. Ein weiterer Vorteil von Open Source ist, dass zukünftige Anforderungen einfacher integriert und obsolet gewordene Konfigurationen einfacher gelöscht werden können. Derzeit ist es noch nicht a priori absehbar, welche Anwendungen in Zukunft relevant sind und welche nicht. Eine möglichst große Systemflexibilität ist vor diesem Hintergrund wichtig.

Eine weitere entscheidende Frage ist, welche Branchen und Unternehmen von Industrie 4.0 voraussichtlich betroffen sind. Einige Branchen haben deutlich mehr Potenzial, Industrie 4.0-Konzepte umfassend zu nutzen – z. B. die Automobilbranche und der Maschinenbau, während es sich bei anderen Branchen erst noch zeigen muss, inwieweit sie direkt von Industrie 4.0 profitieren können (bspw. die Metallerzeugung oder der Einzelhandel). Bei dieser Überlegung muss gleichwohl berücksichtigt werden, dass neben der direkten Betroffenheit eine größere Anzahl von Unternehmen von den Entwicklungen und Anforderungen rund um Industrie 4.0 indirekt betroffen sein wird. Erforderlich ist dies, weil alle Teilnehmer in den horizontalen Wertschöpfungsnetzwerken Industrie 4.0-fähige Teile und Komponenten produzieren müssen. Die Selbststeuerung

¹¹ Embedded systems übernehmen Überwachungs-, Steuerungs- oder Regelfunktionen oder sind für Daten- bzw. Signalverarbeitungen zuständig. Eingebettete Systeme sind fast überall zu finden – in Waschmaschinen, Flugzeugen, Kraftfahrzeugen, Kühlschränken oder Routern.

(*self-awareness*) und Interaktionsfähigkeit muss schon bei Zulieferteilen angelegt sein. Das bedeutet wiederum, dass sich die Anforderungen an Teile und Komponenten in den nächsten Jahren verändern werden.

3.3 Hemmnisse von Industrie 4.0

Im Rahmen weiterer von der IW Consult durchgeführter Unternehmensbefragungen konnten sechs Hemmnisse identifiziert werden, die von den Unternehmen als besonders kritisch beurteilt werden:

- Mangelnde IT-Sicherheit
- Fehlende Standardisierung der Prozesse
- Komplexe Systeme
- Fehlende Qualifizierung der Mitarbeiter
- Unzureichende Breitbandinfrastruktur
- Unsichere rechtliche Rahmenbedingungen

Unternehmen müssen Lösungen zur rechtlichen und IT-Sicherheit (Datenschutz, Urheberrechte etc.), Plattformen, dezentrale Systeme zur Beherrschung von Komplexität entwickeln sowie sich in die Standardisierungs- und Qualifizierungsarbeit mit einbringen, die von politischen Akteure ebenfalls getrieben werden sollte. In diesen Feldern werden sich wie diskutiert Marktchancen für neue Dienstleister eröffnen. Die Hemmnisse können demnach auch als Chance für Dienstleister begriffen werden, um in diesen Handlungsfeldern aktiv zu werden.

Neben Unternehmen haben auch politische Akteure Hausaufgaben zu erledigen. Anstrengungen für eine möglichst flächendeckende und hochbitratige Breitbandinfrastruktur werden derzeit von der Bayerischen Staatsregierung angeboten, wenngleich die Förderprogramme einen hohen Aufwand für die regionalen Akteure bedeuten. Der Ausbau von Breitbandnetzen muss sich in diesem Rahmen in einer den Bedarfen der Wirtschaft entsprechenden Geschwindigkeit beschleunigen¹². So fordert die vbw eine flächendeckende Breitbandversorgung mit mindestens 100 Mbit/s bis zum Jahr 2020.

Darüber hinaus ist eine breite Diskussion über marktrelevante Implikationen aufgrund der Implementierung von Plattformen von großer Bedeutung. Auf Software- und Telekommunikationsmärkten wurden schon weitreichende Erfahrungen bezüglich der Kristallisation von Marktmacht in Märkten mit externen Netzeffekten gemacht, die in Teilen auf die zu erwartende Plattformentwicklung angewandt werden können.

¹² (vgl. vbw-Information *Anforderungen der Unternehmen an die digitale Infrastruktur*, 2013)

4 Relevante Dienstleistungen für Industrie 4.0

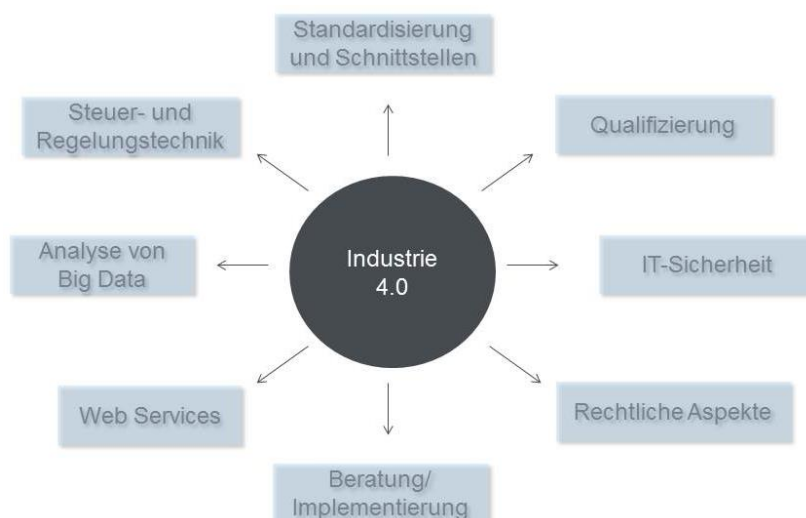
Neue Geschäftsfelder in der digitalisierten Wertschöpfung

Viele Geschäftsmodelle werden im Zuge von Industrie 4.0 neu entstehen. Damit geht einher, dass sich etablierte IT-Dienstleister auf Geschäftsmodelle konzentrieren, die sich entlang ihres bisherigen Tätigkeitsfeldes entwickeln lassen. In diesem frühen Stadium der Entwicklung sind zwar schon viele konkrete Dienstleistungen abzusehen (Abbildung 5). Gleichwohl zeigen andere plattformbasierte Entwicklungen wie der AppStore von Apple, dass innovative Dienstleister immer neue Marktchancen erkennen, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht absehbar sind. Darüber hinaus werden Unternehmen gegründet, die sich spezifisch auf die Beantwortung neuer Fragen konzentrieren. Industrie 4.0 kann damit einen weiteren Schub bei Unternehmensgründungen auslösen.

Der Kernvorteil des Industrie 4.0-Konzeptes besteht darin, dass innerhalb von vernetzten Produktionsprozessen autonome Interaktionen zwischen den einzelnen Objekten stattfinden können. Als Basis hierfür dient ein umfassender Datenaustausch zwischen den einzelnen Objekten, die von Plattformen organisiert und gesteuert werden. Bei einer zukunftsorientierten und adäquaten Ausgestaltung der Rahmenbedingungen von Industrie 4.0 und der notwendigen Plattformen eröffnen sich dementsprechend vielfältige Marktchancen in den verschiedensten Dienstleistungsbranchen.

Abbildung 5

Dienstleistungspotenziale im Rahmen von Industrie 4.0



Quelle: IW Consult

Innovative Dienstleister können neue Geschäftsfelder erschließen, die vor allem von der Tatsache profitieren, dass erhebliche Datenmengen analysiert werden müssen, um viele entscheidende Vorteile des Industrie 4.0-Konzeptes nutzen zu können.

Die für diese Studie durchgeführten Unternehmensbefragungen zeigen aber auch: Wer nicht schon heute Dienstleistungen in seinem Portfolio hat, die Industrie 4.0 zuzuordnen sind, plant auch nicht in den nächsten Jahren, in diesem Markt vorzustoßen (siehe Kapitel 3). Diese Entwicklung zeigt sich in anderen Zusammenhängen ebenfalls: Zum einen bei der Vielzahl selbständiger App-Entwickler, die Applikationen für die Betriebssysteme Android von Open Handset Alliance und iOS von Apple programmieren. Zum anderen bei Analysten von Big Data, die beispielsweise in den Vereinigten Staaten von Amerika Wahlkampfteams unterstützen, indem sie enorme Datenmengen aus öffentlich verfügbaren Informationen in Verbindung setzen und dadurch Wahlprofile erstellen.

Die acht genannten Geschäftsfelder für Dienstleistungen um Industrie 4.0 werden im Folgenden vorgestellt, um eine Vorstellung von der Vielfältigkeit zu geben, in denen neue Tätigkeitsfelder entstehen können.

4.1 Analyse von Big Data

Für den Erfolg des Industrie 4.0-Konzeptes ist entscheidend, dass die neuen Möglichkeiten im Rahmen der Erfassung erheblicher Datenmengen auch effizient genutzt werden. Dafür sind Algorithmen notwendig, die eine intelligente Verdichtung der Informationen leisten.

Beispiel 1

Eine einzige Windkraftanlage produziert bis zu 580 Gigabyte Daten pro Tag. Dabei werden so unterschiedliche Daten gemessen wie Temperaturentwicklungen und Geräusche, Verschleißprozesse oder Emissionsverhalten. Dies ist notwendig, um die Anlagen dauerhaft betriebsbereit halten und präventiv analysieren zu können, wann Reparaturen notwendig werden. Gleichermäßen kann mit dieser Technik auch die Leistung analysiert und prognostiziert werden, um im Verbund mit klassischen Kraftwerken Versorgungssicherheit zu garantieren. Allein dieses Beispiel zeigt sowohl das Ausmaß an Datenmengen, die beispielsweise in einem Windpark anfallen als auch die neuen Möglichkeiten, die durch die Vernetzung von Maschinen und Anlagen entstehen.

Derzeitig existierende Datenbanken können eine solche Datenflut nicht organisieren, analysieren und steuern. Diese Standard-Datenbanken sind mit der im Rahmen von Industrie 4.0 entstehenden Datenmengen überfordert. Dafür müssen neuartige Datenbanken entwickelt werden, die den Anforderungen hinsichtlich der Verdichtung und Analyse der enormen Datenmengen genügen.

Kernherausforderungen bei der Datenanalyse sind vor diesem Hintergrund:

- Sofortige Abfragen von Daten (Realtime-Processing)
- Kurze Berechnungszeiten auch bei komplexen Abfragen
- Möglichkeit zur Verarbeitung vieler gleichzeitiger Abfragen
- Intelligente Reduzierung und Verdichtung der Datenmengen

Innovative IT-Dienstleister, die sich auf die Programmierung effiziente Algorithmen und die Analyse von Big Data spezialisieren, können dementsprechend neue Märkte im industriellen Sektor entwickeln. Die Analyse von Big Data wird in vielen verschiedenen Punkten innerhalb des Industrie 4.0-Konzeptes relevant. An verschiedensten Stellen im Unternehmen bzw. im Wertschöpfungsnetzwerk werden große Datenmengen erhoben, die effizient und zielgerichtet analysiert werden müssen. Dabei greifen einzelne Wertschöpfungsschritte ineinander.

Beispiel 2

LKW mit Sensoren und Steuerungsmodulen, die vielfältige Fahrzeugdaten wie Benzinverbrauch, geographische Positionierung, Status von Verschleißteilen, Durchschnittsgeschwindigkeiten oder Verkehrssituationen erheben, schreiben diese automatisiert in Datenbanken und synchronisieren diese selbständig mit Produktionsprozessen bei Kunden. Durch Echtzeit-Planungen, Reduktion von Wartezeiten und Stillständen sowie Ressourcenoptimierungen können Effizienzsteigerungen erzielt werden, wie z. B. eine optimale und dynamische Routensteuerung.

4.2 Standardisierung und Schnittstellen

Die Analyse großer Datenmengen in einem Wertschöpfungsnetz erfordert funktionierende Standards und Schnittstellen. Derzeit können Datenquellen und Endgeräte vielfach noch nicht miteinander kommunizieren. Hier müssen unternehmensübergreifend standardisierte Referenzarchitekturen entwickelt werden, die die derzeitige Automatisierungstechnik und die IT-Technologien für Echtzeitleösungen zusammenführen.

Diese Referenzarchitekturen, die als Plattformen in Unternehmen die Datenströme organisieren, verwalten und steuern, sind ein Kernelement von Industrie 4.0. Diese Plattformen müssen das höhere Maß an Komplexität beherrschen und interoperable Standards aufweisen, über die unternehmensübergreifenden Dienste und Applikationen interagieren können.

Als Option kann es ebenfalls sinnvoll sein, bestehende IT-Systeme, die nicht vertikal integriert sind und damit nur bereichsspezifisch funktionieren, durch neue integrierte IT-Systeme auszutauschen, die bereichsübergreifend kommunizieren. Damit wird die Komplexität der Infrastruktur wesentlich reduziert, wobei die Implementierung einen

höheren Aufwand darstellt. Die Effizienzvorteile eines übergeordneten IT-Systems, das eine konsistente und abgestimmte Architektur aufweist, sind gleichwohl erheblich. Dies gilt sowohl für die Systemstabilität als auch für Sicherheitsaspekte.

Auch neue Benutzerschnittstellen mit einem hohen Grad an Nutzerfreundlichkeit müssen entwickelt werden. Dies liegt an der Einführung von intelligenten Assistenzsystemen, die im Industrie 4.0-Konzept notwendig werden. Sowohl Mensch-Maschine- als auch Maschine-Maschine-(M2M)-Interaktionen müssen reibungslos funktionieren. Maschinen können durch Sensoren und Webtechnologien netzwerkfähig gemacht werden. Ein wichtiger Vorteil eines derart umfassenden Einsatzes von Internettechnologien liegt darin, dass bei M2M keine spezifischen proprietären Schnittstellen benötigt werden, sondern die Datenströme über Internetprotokolle abgewickelt werden können. Interoperabilität ist aber dennoch auch auf höheren Levels (Dienste- und Applikationsebenen; Abbildung 3) notwendig.

Bestehende Anlagen der Industrie 3.0-Ära, die mit bestimmten festgelegten IT-Systemen arbeiten, würden bei der Einbettung in eine übergeordnete Architektur mit gleichzeitiger Ausstattung von Industrie 4.0-Merkmalen Effizienzvorteile erlangen. Die Heterogenität und Langlebigkeit dieser Anlagen lassen eine Vereinheitlichung der Kommunikation oftmals nicht zu. Zu diesem Zweck müssen Schnittstellen entwickelt werden, die eine vertikale Kommunikation zulassen und damit eine Migrationsmöglichkeit von Industrie 3.0 zu 4.0 eröffnen. Eine Plattform, die auf Open Source basiert, wäre dabei eine Option für eine Referenzarchitektur, auf deren Grundlage solche Schnittstellen entwickelt werden könnten.

4.3 Sicherheit

Unternehmen müssen einem sehr hohen Maß an Sicherheitsanforderungen im Rahmen von Industrie 4.0 gerecht werden. Drei Aspekte erfordern weitreichende Voraussetzungen beim Thema Sicherheit:

- Die Erhebung sensibler Datenmengen in enormem Ausmaß
- Hoher Detaillierungsgrad der Daten
- Externe Verfügbarkeit der Daten über Cloud-Systeme

Dabei sind drei Dimensionen sicherheitsrelevant:

- Schutz der geistigen Eigentumsrechte (Intellectual Property)
- Schutz der prozesstechnischen Datenströme (Kryptographie)
- Schutz der notwendigen Verfügbarkeit von Datenströmen (Zeitkritikalität bei Echtzeitströmen, Ressourcenverfügbarkeit)

Auf allen diesen Feldern werden zukünftig Dienstleistungsangebote notwendig sein. Besonders kryptographische Anforderungen an Industrie 4.0, durch die der Austausch sensibler Daten ermöglicht wird, müssen durch neue Sicherheitskonzepte gelöst werden. In diesem Rahmen können in Zukunft „Sicherheitsaudits“ angeboten werden. Vor-

bild könnten die ISO-Zertifizierungen sein. Diese Audits würden bestimmte Mindestsicherheitsstandards garantieren, damit erstens Unternehmen sicher sein können, dass ihre Systeme vor feindlichen Angriffen geschützt sind und zweitens ein externes Vertrauenszertifikat etabliert wird, wodurch den Unternehmen eine gemeinsame Zusammenarbeit in einem horizontalen Wertschöpfungsnetzwerk erleichtert wird.

4.4 Rechtliche Aspekte

Die rechtliche Beratung wird sich in einem großen Spektrum von konkret auszuhandelnden Verfügungsrechten (*Wer ist der Inhaber von Informationen in einem horizontalen Wertschöpfungsnetz?*) über Persönlichkeitsrecht (*Welche Daten gebe ich von mir und meinen Produkten preis?*) und Lizenzen bis hin zum Völkerrecht (*Wer garantiert, dass unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetze nicht von staatlicher Seite zur Industriespionage genutzt werden?*) abspielen.

Im Rahmen eines eng verzahnten, gemeinsamen Zusammenarbeitens verschiedener Unternehmen eines Wertschöpfungsnetzwerkes ist die vertragliche Verbindlichkeit einer Verantwortungsaufteilung und eine Dokumentierung der einzelnen Vertragsbestandteile notwendig. Dabei muss ebenfalls ein detailliertes, echtzeitfähiges Monitoring der Geschäftsmodelle erfolgen, um die jeweils aktuellen Arbeitsschritte und Systemzustände zu erfassen.¹³ So können auch Haftungsfragen zwischen den einzelnen Akteuren geklärt werden. Dabei ist zu klären, wer bei vollkommen automatisierten, selbststeuernden Interaktionen haftet. Es stellt sich die Frage, wie sich die Verantwortung für den konkreten Rechtsakt (die automatisierte Willenserklärung und der beidseitig rein elektronische, voll automatisierte Vertragsabschluss) zuordnen lässt.

Darüber hinaus sind weitreichende Fragen zum geistigen Eigentum (*intellectual property*) vor dem Hintergrund zu beantworten, dass in Wertschöpfungsnetzwerken eine Vielzahl von Daten ausgetauscht wird, deren Auswertung für alle beteiligten Akteure von Interesse wäre.

Völkerrechtlich stellt sich vor dem Hintergrund der Ereignisse um Spionage- und Überwachungsprogramme die Frage, inwieweit sichergestellt werden kann, dass Datenströme von Unternehmen nicht ebenfalls überwacht und analysiert werden. Schätzungen besagen beispielsweise, dass die Cloud Computer Industrie durch die Überwachungstätigkeit und dem damit sinkenden Vertrauen gegenüber der Auslagerung von Daten über die nächsten drei Jahre 16 bis 26 Milliarden Euro verlieren wird.¹⁴

¹³ Vgl. Arbeitskreis Industrie 4.0 (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0

¹⁴ Vgl. ITIF (2013): How Much Will PRISM Cost the U.S. Cloud Computing Industry?, Washington

Vertrauen in die IT-Sicherheit ist ein entscheidendes Kriterium für die konsequente Nutzung von Industrie 4.0. Wenn staatliche Behörden ohne strenge Ressourcenlimits der Aufgabe nachgehen sollten, Wertschöpfungsnetzwerke zu überwachen, können voraussichtlich auch die besten IT-Sicherheitsmaßnahmen Unternehmen nicht davor schützen, dass sensible Daten ausgespäht werden können. Um den Erfolg von Industrie 4.0 zu garantieren, müssten Abkommen und Absprachen zwischen den Staaten erfolgen, dass gegenseitige Überwachungsmaßnahmen staatlicher Natur gegenüber solchen Netzwerken nicht durchgeführt werden.

4.5 Steuer-, Regelungs- und Modellierungssoftware

Erforderlich ist zunächst eine grundlegende Kommunikations- und Interaktionsinfrastruktur mit Anbindung an das Internet. Dabei geht es um Softwarelösungen für die *Machine-to-Machine-(M2M)-Interaktionen*, die entwickelt und konfiguriert werden müssen. Ziel ist eine echtzeitfähige Produktionsplanung und -steuerung, auf Basis derer im Wertschöpfungsnetzwerk Effizienzpotenziale gehoben werden können.

In diesem Rahmen werden beispielsweise modulare und selbstkonfigurierende Systeme benötigt, mit denen der Produktionsprozess durch eine automatisierte Rekonfiguration der Anlagen bei geänderten Kapazitäten, Lieferterminen oder Leistungsangaben optimiert werden kann. Hierdurch können Rüstkosten reduziert und Wertschöpfungsnetzwerke unternehmensübergreifend in eine umfassende, hochflexible Kapazitätsplanung und -steuerung eingebunden werden. Auf Änderungen im Produktionsablauf kann dann dynamisch reagiert werden.

Eine neue bzw. modifizierte Steuer- und Regelungstechnik ist auch dafür notwendig, die Produktionsprozesse ressourceneffizient zu gestalten. Maschinen und Anlagen können eigenständig ihre präzisen Bedarfe abschätzen und im Wertschöpfungsnetzwerk kommunizieren. Auf diese Weise kann sowohl Zeit als auch Material effizienter eingesetzt werden. Damit kommt diesem Tätigkeitsfeld eine erhebliche Bedeutung für die Realisierung von Produktivitätspotenzialen zu.

4.6 Beratung und Implementierung

Insbesondere KMU benötigen Beratung bei der Implementierung spezifischer Industrie 4.0-Komponenten wie beispielsweise horizontale IT-Systeme. Dabei ist es notwendig, dass die bisherige Unternehmensinfrastruktur nicht obsolet wird, sondern ergänzt um echtzeitfähige Systeme an die neuen Anforderungen angepasst wird. Maschinen und Anlagen aus der Zeit von Industrie 3.0 müssen erstens mit der neuen Technik (Sensoren, Aktoren, Software usw.) ausgestattet werden und zweitens in die Wertschöpfungsnetzwerke eingebunden werden, indem die Kommunikation auf Applikationsebene zwischen den einzelnen Objekten (Interoperabilität) gewährleistet ist.

Aufgrund der Vielfalt neuer Technologien und Dienstleistungen steigt der Beratungsaufwand bei den Unternehmen. Viele entstehende Geschäftsfelder wie beispielsweise

die IT-Sicherheit sind in dem für Industrie 4.0 notwendigen Umfang für viele Unternehmen noch Neuland. Deshalb ist eine umfassende Beratung hinsichtlich der Potenziale, aber auch der Risiken im Rahmen von Industrie 4.0 erforderlich.

4.7 Web Services

Die durch die Interaktion in eng verzahnten Wertschöpfungsnetzen bedingte intensive Zusammenarbeit benötigt eine Infrastruktur gemeinsam zu nutzender, unternehmensübergreifender, einfach zu bedienender (Stichwort *Usability*) und echtzeitfähiger Web Services – bestenfalls vergleichbar mit Apps auf Smartphones. Hierüber können sich in Zukunft Produktions- und Monitoringprozesse von beliebigen Orten verfolgen lassen.

In diesem Themenfeld lassen sich auch Plattformen subsumieren, über die solche Applikationen oder andere Technologien wie die schon genannte Steuer- und Regelungssoftware zwischen Maschinen und Anwendern ausgetauscht werden können. Dabei können maschinen- und unternehmensübergreifende Technologiedaten auf solchen Plattformen gespeichert und anwendungsspezifisch abgerufen werden.

Ein weiteres großes Feld für Web Services ist das Betreiben von Clouds und darauf aufbauende Dienstleistungen. Cloud Dienste werden in den letzten Jahren zunehmend von Unternehmen genutzt, um Daten extern zu sichern. Nach Schätzungen sollen in 2013 im Markt für *Cloud Computing* rund 100 Milliarden Euro umgesetzt werden.¹⁵

4.8 Qualifizierung

Die Beschäftigten können sich zunehmend auf kreative und wertschöpfungsstarke Tätigkeiten konzentrieren, da Routineaufgaben immer umfassender von Maschinen und Anlagen übernommen werden. Dies bedeutet gleichzeitig auch, dass sich die Qualifikationsanforderungen umfassend ändern. Eine deutlich größere Anzahl von Beschäftigten muss in der Lage sein, Maschinen programmieren und steuern zu können.

Daneben erfordern die Vernetzung der Produktion und die damit einhergehenden neuen Geschäftsmodelle auch ein Bewusstsein für die Vermarktung des zusätzlich entstehenden Nutzens im Rahmen von Industrie 4.0. Höhere Verfügbarkeiten, eine größere Flexibilität und gesteigerte Ressourceneffizienz sowie daraus resultierende Produktivitätsvorteile, die durch Vernetzung und spezifische Dienstleistungen realisiert werden können, benötigen neue Denkmodelle hinsichtlich der Vertriebs- und Kooperationsmöglichkeiten.

¹⁵ Gartner (2013): Pressemitteilung vom 28. Februar 2013, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2352816>, Stand 20. August 2013.

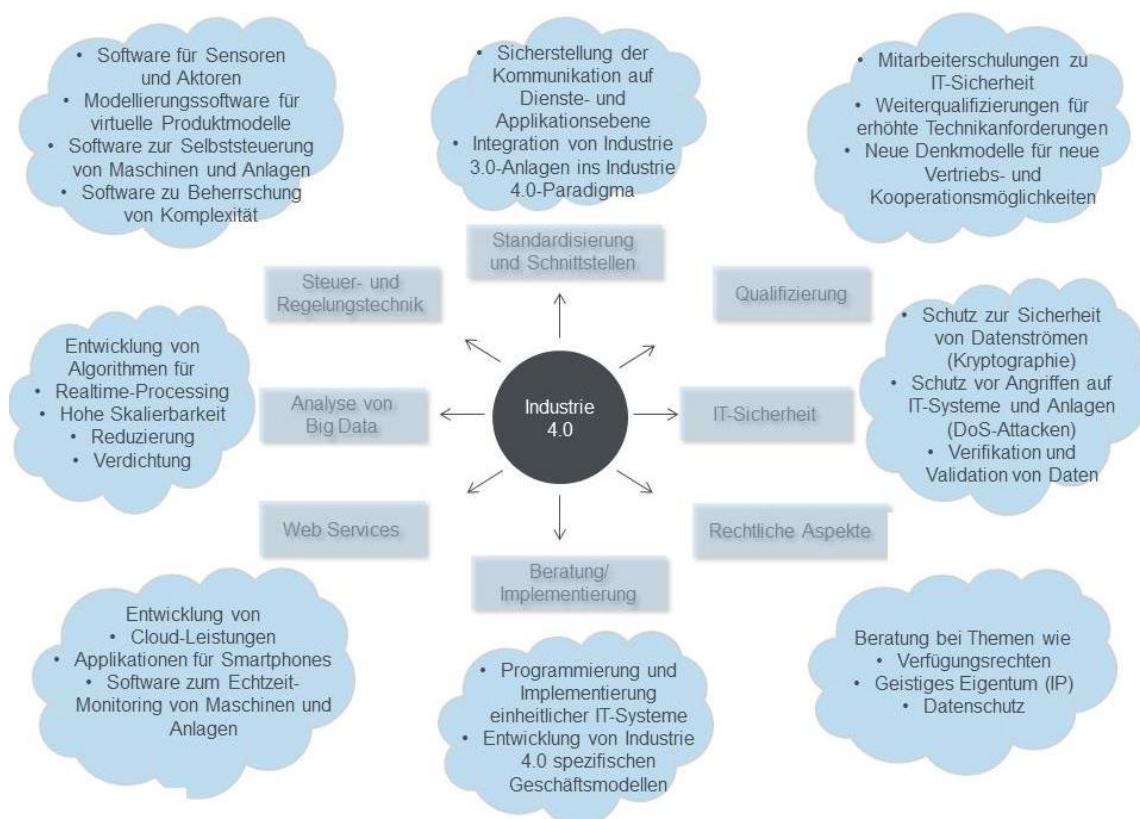
Nicht zuletzt ist vor dem Hintergrund von steigenden IT-Risiken durch die zunehmende Offenheit der Systeme im Rahmen von Industrie 4.0 die Sensibilisierung der Mitarbeiter von entscheidender Bedeutung. Auch die deutsche Wirtschaft wird zunehmend zum Opfer von Hacker-Angriffen und Virus-Attacken, so dass die Bedeutung eines sicherheitsorientierten Verhaltens der Mitarbeiter für die Unternehmen an Bedeutung gewinnt. Mitarbeiter müssen den Umgang mit sensiblen Informationen in einem offenen Umfeld lernen und Gefahren hinsichtlich der Ausspähung von Daten erkennen.

4.9 Konkrete Beispieldienstleistungen für Industrie 4.0

Neben den übergeordneten Bereichen, in denen Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 entstehen werden, zeigt Abbildung 6 konkrete Dienstleistungen im Rahmen dieser Tätigkeitsfelder auf.

Abbildung 6

Spezifische Dienstleistungspotenziale im Rahmen von Industrie 4.0



Quelle: IW Consult

Aufgrund der noch relativ unspezifischen Begriffswolken, die Industrie 4.0 umfassen und der Neuheit des Konzeptes, wodurch die Zugehörigkeitsgrenzen noch ver-

schwimmen, sollen hier exemplarisch Dienstleistungen aufgezeigt werden, die im Rahmen von Industrie 4.0 große Entwicklungschancen aufweisen.

Schon diese wenigen Beispiele zeigen das Potenzial, das Industrie 4.0 inne wohnt. Die schiere Anzahl möglicher Dienstleistungen und deren Wachstumspotenziale bei richtiger Umsetzung von Industrie 4.0 würde das Gründungsgeschehen weiter stärken. Aufgrund der Wissensintensität der Dienstleistungen würden der Wirtschafts- und der Wissenschaftsstandort Deutschland erheblich davon profitieren, wenn hier Industrie 4.0 seinen Nukleus hätte.

5 Industrie 4.0-Dienstleistungen

Verbreitung und Entwicklungsstand

Das Phänomen Industrie 4.0 schafft durch das Zusammenwachsens von IT und Industrie viele neue Märkte. Dieses Marktpotenzial wurde auch in den in Kapitel 3 genannten Unternehmensbefragungen beleuchtet und soll hier diskutiert werden.

5.1 Verbreitung in der Wirtschaft

Rund sechs Prozent der befragten Unternehmen geben an, schon heute Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 anzubieten (Tabelle 3). Dieser Anteil soll sich voraussichtlich bis 2020 verdoppeln – dann planen 11,5 Prozent der Unternehmen, passende Dienstleistungen in ihrem Portfolio haben. Derzeit nehmen die Unternehmen Industrie 4.0 demnach eher als Randphänomen wahr, das gleichwohl eine interessante Zukunftsperspektive bieten könnte. Ein entscheidender Grund dafür ist, dass noch keine integrativen Gesamtkonzepte für Industrie 4.0 bestehen.

Tabelle 3

Angebot von Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0

<i>Zeitraum des Angebots</i>	<i>In Prozent</i>
Schon heute	- 6,1
- Ab 2015	- 2,4
- Ab 2020	- 3,0
- Noch nicht abzusehen	- 88,5
- Gesamt	- 100,0

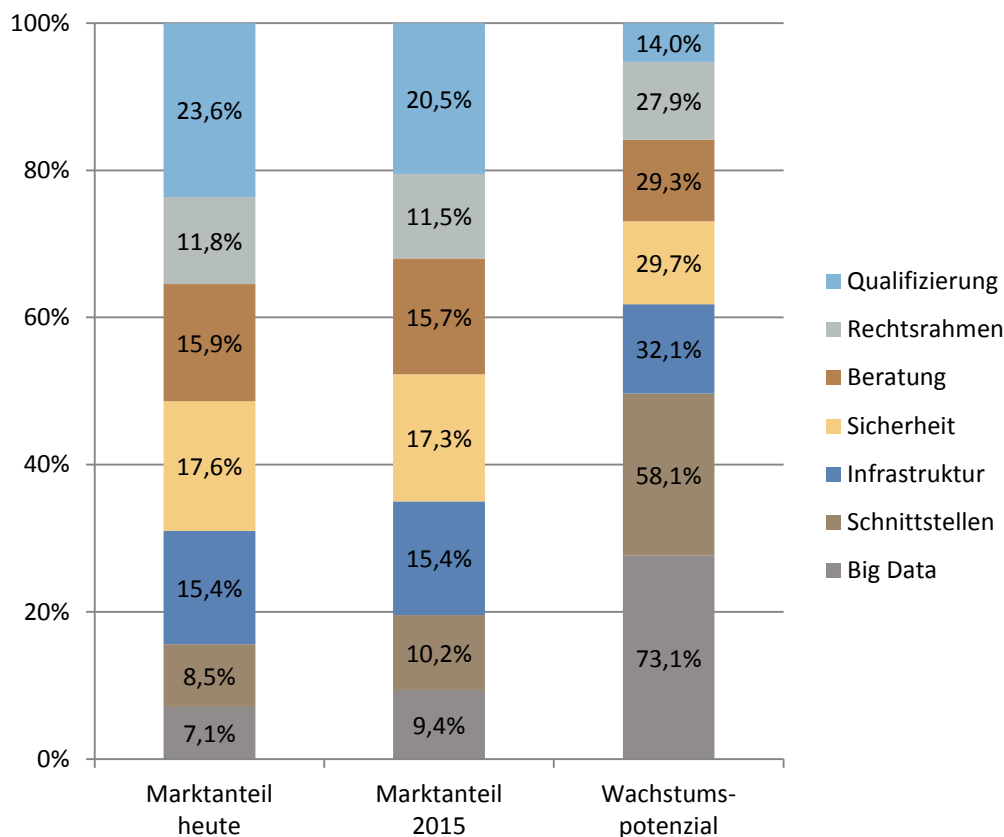
Angaben von 1.400 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und der unternehmensnahe Dienste in Deutschland;
Datenstand Juli 2013; Quelle: IW Consult (2013)

Analog zu den relativ hohen Wachstumsraten für Industrie 4.0-Dienstleistungen im Allgemeinen sehen die schon aktiven Unternehmen große Potenziale für die einzelnen Tätigkeitsfelder (Abbildung 5-2). Die Tabelle zeigt zwei Dinge: Erstens den relativen Bedeutungszuwachs bzw. -verlust der einzelnen Dienstleistungen zwischen heute und 2015 in der Anteilsbetrachtung. So gewinnt das Feld Big Data an Bedeutung im Vergleich zu den anderen Dienstleistungen, da der Anteil an allen acht aufgezählten Dienstleistungen von 7,1 Prozent auf 9,4 Prozent steigt. Das Feld Qualifizierung verliert vice versa an Bedeutung. Zweitens zeigt die Darstellung das prognostizierte Wachstum

innerhalb der einzelnen Bereiche. Insgesamt rechnen die Unternehmen damit, dass alle betrachteten Felder um 31,6 Prozent wachsen werden. Big Data sticht dabei mit einem Potenzialwachstum von 73,1 Prozent heraus, während dem Bereich Qualifizierung lediglich ein Wachstum von 14 Prozent attestiert wird.

Abbildung 7

Marktanteile Wachstumspotenziale spezifischer Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 (alle Unternehmen)



Angaben von 1.400 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und der unternehmensnahe Dienste in Deutschland; Datenstand Juli 2013; Quelle: IW Consult (2013).

Insgesamt gehen die befragten Unternehmen bei den genannten Feldern von einer Wachstumsrate von knapp einem Drittel bis 2015 aus. Drei Felder sollen überdurchschnittlich wachsen, wobei Big Data die besten Aussichten eingeräumt werden. Die größten Anteile entfallen heute auf Qualifizierung, Sicherheit, Beratung und infrastrukturelle Dienstleistungen, die alle einen Anteil von mehr als 15 Prozent von den aufgeführten Dienstleistungen aufweisen. Lösungen zu Big Data werden nur kaum angeboten. Auf diesem Feld ist ein größerer Forschungs- und Entwicklungsaufwand zu betreiben.

Hinweis

Die Befragung wurde mit der Annahme ausgewertet, dass sich die wichtigsten Industrie 4.0-Dienstleistungen auf die hier genannten Tätigkeitsfelder verteilen. Experteninterviews haben diese Annahme weiter bestärkt. In Zukunft wird eine noch nicht absehbare Mannigfaltigkeit von konkreten Dienstleistungen um Industrie 4.0 entstehen. Deshalb kann die hier eingeschlagene Vorgehensweise als gute Approximation gesehen werden, welche Dienstleistungsfelder derzeit schon auf der Agenda von Unternehmen stehen und welche besonders großen Wachstumspotenziale in Zukunft attestiert werden.

5.2 Verbreitung bei IT-Dienstleistern

Immerhin jeder sechste IT-Dienstleister gibt an, schon heute Dienstleistungen anzubieten, die dem Themenfeld Industrie 4.0 zuzuordnen sind (Tabelle 4). Überraschenderweise zeigt die Auswertung keinen Trend dahingehend, dass Industrie 4.0 bei den existierenden IT-Dienstleistern als Zukunftsthema gesehen und sich damit das Dienstleistungsangebot in den nächsten Jahren deutlich verbreitern wird. Vier Fünftel der Unternehmen gibt an, das ein eigenständiges Angebot von Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 noch nicht abzusehen ist. Drei Gründe können dafür maßgeblich sein:

- Noch sind zu geringe Erkenntnisse zu Industrie 4.0 und dessen Potenzialen vorhanden.
- Marktpotenzial wird trotz Kenntnis von Industrie 4.0 als zu gering angesehen.
- Bestehende Geschäftsfelder bleiben tatsächlich von Industrie 4.0 mehrheitlich unberührt, weswegen Neugründungen in den entstehenden Feldern zu erwarten sind.

Tabelle 4

Angebot von Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 (IT-Dienstleister)

Zeitraum des Angebots	In Prozent
Schon heute	15,4
- Ab 2015	2,5
- Ab 2020	0,4
- Noch nicht abzusehen	81,7
- Gesamt	100,0

Angaben von 280 IT-Dienstleistern in Deutschland; Datenstand Juli 2013; Quelle: IW Consult (2013).

Eine mögliche Antwort auf diese Fragen wurde bereits in den Fallstudien in Kapitel 3 erörtert. Der Befund lautet hier zunächst, dass jeder sechste IT-Dienstleister mit dem Thema Industrie 4.0 beschäftigt und Dienstleistungen anbietet, die damit assoziiert werden können und nur ein kleiner Teil der derzeit im Markt aktiver Dienstleister in den nächsten Jahren Kompetenzen in die Richtung gehend aufbauen will.

Werden die beiden vorangehenden Analysen miteinander verknüpft, fallen zwei weitere Erkenntnisse ins Auge. Ein Viertel der Unternehmen, die schon heute Dienstleistungen im Bereich Industrie 4.0 anbieten, hat noch nicht von dem Schlagwort gehört.

Tabelle 5

Verbreitung von Kenntnissen und Dienstleistungen zu Industrie 4.0

	<i>Schon heute</i>	<i>Ab 2015</i>	<i>Ab 2020</i>	<i>Noch nicht abzu- sehen</i>
Intensive Kenntnisse	46,5	28,6	0,0	2,8
- Kenntnisse am Rande	23,3	71,4	100,0	16,0
- Bisher lediglich von Industrie 4.0 gehört	4,7	0,0	0,0	27,8
- Noch nicht von Industrie 4.0 gehört	25,6	0,0	0,0	53,3
- Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

Angaben von 280 IT-Dienstleistern in Deutschland; Datenstand Juli 2013; Quelle: IW Consult (2013).

Dies zeigt den unfertigen, noch nicht präzise definierten Charakter dieses Begriffs. Es bestehen noch viele Grauzonen und Schnittmengen zu schon eingesetzten Verfahren wie M2M-Kommunikation und CIM. Aus diesem Grund wurde den Unternehmen folgende Definition angeboten, zu der sie Stellung nehmen konnten, ob sie in diesem Rahmen Dienstleistungen anbieten:

- Vernetzung von IT mit Maschinen
- Einführung von Sensorik, die die Kommunikation zwischen Maschinen ermöglicht
- Einbettung und Kommunikation der Produktionsanlagen in (unternehmensübergreifenden) Wertschöpfungsnetzen
- Erarbeitung von Grundlagen für virtuelle Produktionen (3D-Simulationen, Echtzeitsteuerungen, neue Benutzerschnittstellen)

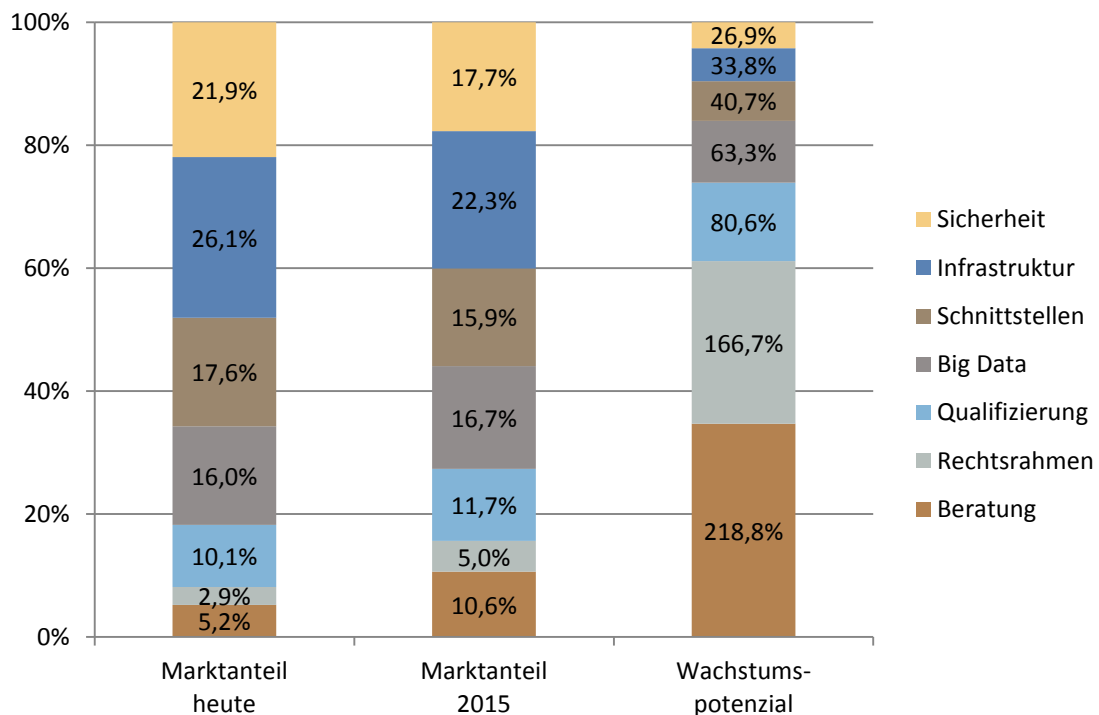
Auch diese Aspekte können lediglich als Näherung zum Begriff Industrie 4.0 verstanden werden. Gleichwohl zeigt die Auswertung die Notwendigkeit, nicht nur nach Indust-

rie 4.0 zu fragen, sondern möglichst präzise zu definieren, was Industrie 4.0 im Kern ausmacht. Nur so können auch die IT-Dienstleister berücksichtigt werden, die zwar in Geschäftsfeldern aktiv sind, die mit Industrie 4.0 assoziiert werden können, eine solche Verknüpfung aber von dem Dienstleister selbst noch nicht gesehen wird. Davon abgesehen bieten fast 80 Prozent der IT-Dienstleister, die sich bereits intensiv mit Industrie 4.0 beschäftigt haben, schon heute oder ab 2015 Dienstleistungen dazu an (Tabelle 5). Die Unternehmen, die sich erst am Rande Kenntnisse angeeignet haben, tun dies nur zu 30 Prozent. Die Unternehmen, die bisher lediglich von dem Begriff gehört haben oder nicht einmal das, bieten zu deutlich weniger als zehn Prozent Dienstleistungen an.

Abschließend wurden konkrete Tätigkeitsfelder abgefragt, in denen die Unternehmen ihre Dienstleistungen ansiedeln (Abbildung 8).

Abbildung 8

Marktanteile und Wachstumspotenziale spezifische Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 (IT-Dienstleister)



Angaben von 280 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und der unternehmensnahe Dienste in Deutschland; Datenstand Juli 2013; Quelle: IW Consult (2013)

Zunächst zeigen auch hier die IT-Dienstleister ein noch höheres Maß an Optimismus im Vergleich zur größeren Vergleichsgruppe. Insgesamt beträgt die Wachstumsrate für spezifische Industrie-4.0-Dienstleistungen über 50 Prozent. Besonders stark werden

nach Angaben der Unternehmen die Bereiche Beratung (bspw. bei der Implementierung), rechtliche Beratung und Qualifizierungen wachsen.

Die meisten IT-Dienstleister werden sich in Zukunft auf infrastrukturelle Dienstleistungen konzentrieren, wobei dort die Wachstumsrate nicht so hoch wie in den anderen Bereichen ausfällt – der relative Anteil im Vergleich zu den anderen aufgeführten Dienstleistungen wird dementsprechend zugunsten anderer (z. B. Beratung) fallen. Auch in den Bereichen Sicherheitsleistungen, Analyse von Big Data und Entwicklung von Schnittstellen werden sich für viele IT-Unternehmen Marktchancen eröffnen.

6 Handlungsempfehlungen

Wie können Industrie 4.0-Strukturen gefördert werden?

Es bestehen noch einige Herausforderungen, deren Bewältigung erforderlich ist, damit Industrie 4.0 zu einer großen Erfolgsgeschichte werden kann. Die Potenziale, die bei einer richtigen Umsetzung von Industrie 4.0 zu realisieren sind, haben gleichwohl erhebliche Ausmaße. Deshalb lohnt es sich, die Umsetzung von Industrie 4.0 weiter voranzutreiben. Die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen kann so erstens deutlich gesteigert werden. Zweitens können erhebliche Dienstleistungspotenziale durch die Entstehung neuer Geschäftsfelder realisiert werden. Nachfolgend werden die wesentlichen Aspekte für ein Gelingen von Industrie 4.0 dargestellt.

6.1 Aufbau leistungsfähiger Plattformen für Industrie 4.0

Die vorliegende Studie zeigt, dass eine zentrale Herausforderung für den Erfolg von Industrie 4.0 darin besteht, ein deutlich höheres Maß an Komplexität zu beherrschen als bisher. Dieser Aufgabe werden Plattformen, die Informations- und Kommunikationsströme standardisieren, bündeln und steuern, am besten gerecht. Als Referenzarchitektur können Plattformen dienen, die dezentrale Datenströme von Objekten wie Sensoren und Aktoren bündeln und die gleichzeitig als Datenlieferanten für die dezentralen Systeme eingesetzt werden. Über Schnittstellen muss dieser vielfältige Datenaustausch und die damit einhergehende Interaktion vieler verschiedener Akteure gewährleistet werden.

Schon jetzt muss die Diskussion angestoßen werden, welche Vor- und Nachteile proprietäre Plattformen und offene Plattformen aufweisen und welche Probleme mit Blick auf andere Märkte, in denen ähnliche Entwicklungen schon aufgetreten sind (z. B. die Offenlegung von Quellcodes kommerzieller Software), in Zukunft durch die herausgehobene Bedeutung von Plattformen erwartet werden können.

Plattformen, die auf Open Source basieren, haben mehrere Vorteile:

- Industrie 4.0-Konzepte erhalten, nachdem eine stabile und sichere Plattform entwickelt wurde, eine schnellere Marktdurchdringung, da KMU schneller Industrie 4.0 adaptieren können, ohne hohen Aufwand in eigene Entwicklungen oder Lizenzen investieren zu müssen.
- Standards werden aufgrund der Offenheit der Systeme schneller entwickelt, da die Mitwirkung vieler Akteure zu erwarten ist.

- Auf Märkten mit externen Netzeffekten kann so Wettbewerb sichergestellt werden, wodurch die Ausnutzung von Marktmacht einzelner Unternehmen mit proprietären Plattformen unwahrscheinlicher wird.

Gleichwohl ist zu beachten, dass auch proprietäre Plattformen leistungsfähig sein können. In einer Umwelt mit einem hohen Nutzen aus Standardisierung und hohen Kosten zur Entwicklung solcher Großprojekte können proprietäre Plattformen schneller marktreif sein. Bei ihnen besteht das Risiko, dass sie zu großer Marktmacht führen können, wodurch Wettbewerbsverzerrungen entstehen. Deshalb müssen neben den technischen Herausforderungen, die Plattformen mit sich bringen, ebenfalls die wettbewerbsrechtlichen Implikationen beachtet werden. Hier müssen Vor- und Nachteile abgewogen werden und gegebenenfalls Entwicklungen von Anfang an gesteuert werden. Diskussionen, wie aktuell um die potenziellen Vorteile eines *europäischen Google*, das die Marktmacht des amerikanischen Konzerns reduzieren soll, können bei Bedarf der politischen Akteure bei rechtzeitiger Aktivität proaktiv geführt werden.

Handlungsempfehlung

Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sollten baldmöglichst darüber diskutieren, wie die in Schaufensterfabriken entwickelten Plattformen einen möglichst hohen Diffusionsgrad erreichen. Unternehmen wiederum sollten sich in einer größeren Anzahl schon in diese frühe Stufe der Entwicklung einbringen, die Entwicklung von vorne mitgestalten zu können. Die deutschen Erfolge beim Thema Industrie 4.0 sind weltweit derzeit einzigartig – hier könnte bei einer richtigen Ausgestaltung und Partizipation eine neue Industrieära anbrechen.

6.2 Etablierung einer leistungsfähigen Breitbandinfrastruktur

Die umfassende Vernetzung im Rahmen von Industrie 4.0 und der damit einhergehende stark steigende Datentransfer über das Internet erfordert eine flächendeckende, hochbitratige Breitbandinfrastruktur. Insbesondere eine flächendeckende Infrastruktur ist derzeit noch lückenhaft. Nach einer empirischen Erhebung bei rund 700 Industrie- und Dienstleistungsunternehmen in Bayern sind ein Viertel der befragten Unternehmen unzufrieden mit ihrer Breitbandversorgung und 15 Prozent haben gar keinen Breitbandzugang.¹⁶ Der Wertschöpfungsnetz-Gedanke bei Industrie 4.0 kann so nicht in vollem Maße umgesetzt werden, da nicht sichergestellt ist, dass alle Akteure in dem Netzwerk die technischen Voraussetzungen für Echtzeit-Interaktionen und den Austausch grösse-

¹⁶ Die IW Consult hat im August 2013 im Auftrag der vbw ein umfassendes Gutachten zur Breitbandversorgung Bayern veröffentlicht, vgl. vbw (2013): Anforderungen der Unternehmen an die digitale Infrastruktur, München.

rer Datenpakete haben. Dafür muss die Breitbandabdeckung in Deutschland verbessert werden (vgl. vbw-Information *Anforderungen der Unternehmen an die digitale Infrastruktur*, 2013). Eine flächendeckende Breitbandversorgung in ganz Bayern mit mindestens 100 Mbit/s muss bis 2020 realisiert werden.

Aufgrund der steigenden Echtzeit-Kommunikationsanforderungen müssen – neben hohen Bitraten – auch hohe Standards bezüglich der Ausfallsicherheit und geringer Latenzzeiten gewährleistet werden. Dies ist insbesondere für Unternehmen im ländlichen Raum nicht sichergestellt. Die notwendige Glasfaserinfrastruktur ist kurzfristig in größeren Teilen des ländlichen Raums nicht realisierbar. Sowohl Mobilfunklösungen (Ausfallsicherheit, Latenz) als auch Lösungen mit Kupferkabeln über lange Distanzen (geringe Bitraten) sind auf längere Sicht nicht geeignet, um diesen Anforderungen Genüge zu tun und können allenfalls mittelfristig als Zwischenlösung eingesetzt werden. Um dennoch den Glasfaserausbau im ländlichen Raum voranzutreiben, wurden Fördermaßnahmen der bayerischen Landesregierung im Umfang von 1,5 Milliarden Euro über fünf Jahre aufgesetzt.

Handlungsempfehlung

Schon heute muss die Breitbandinfrastruktur über die bestehenden Förderprogramme ertüchtigt werden, damit die Basis gesichert wird, auf der Dienstleistungen entwickelt werden können. Dabei wird empfohlen, die bestehende Infrastruktur zu nutzen und auf Basis der neuen Entwicklungen (Docsis 3.0 für Koaxial-Kabel und Vectoring für Kupferkabel) weiterzuentwickeln. Neu zu legenden Leitungen sollten aber möglichst schon heute als Glasfaservariante ausgestattet sein, um Doppelinvestitionen zu vermeiden.

6.3 Gewährleistung der IT-Sicherheit

Sichere IT-Prozesse sind eine absolute Kernherausforderung für das Gelingen von Industrie 4.0. Ohne sichere Datenströme sind horizontale Wertschöpfungsnetzwerke, in denen sensible Informationen möglicherweise sogar über Clouds ausgetauscht werden, undenkbar. Entscheidend ist dabei, vorhandene Systeme sicher zu vernetzen und bei neuen Systemen explizit alle Sicherheitsaspekte von Anfang an mit zu berücksichtigen (Security by design). Sicherheitsfragen müssen proaktiv beantwortet werden und nicht erst, wenn sicherheitsrelevante Vorfälle eingetroffen sind.

Die gesamte IT-Infrastruktur muss höchsten Sicherheitsansprüchen genügen, um hinreichendes Vertrauen in unternehmensübergreifende Interaktionen gewährleisten zu können. Plattformen müssen so entwickelt werden, dass neue Hierarchiestufen für die Zuordnung einzelner Sicherheitslevels für die relevanten Prozesse und Maschinen im Unternehmen und sichere Kommunikationsströme in Wertschöpfungsnetzwerken organisiert werden können. Abgesehen davon werden für die Erhebung und Kombination

vielfältiger komplexer Datenströme, unter die auch Daten privater Natur fallen, Kompetenzen im Bereich des Datenschutzes benötigt.

Handlungsempfehlung

Unternehmen müssen sehr viel stärker mit IT-Sicherheit auseinandersetzen als bisher. Dazu gehören Sicherheitsaudits für die Mitarbeiter und Konzepte für sichere Datenübertragungen innerhalb des Unternehmens und über die Wertschöpfungsnetzwerke. – Der Standort Bayern hat hier aufgrund seiner aktiven Clusterpolitik (Bayerischer IT-Sicherheitscluster) Vorteile. Die Politik muss darüber hinaus sicherstellen, dass Unternehmen nicht gezielt von staatlichen Stellen abgehört werden.

6.4 Erfüllung der notwendigen Qualifikationsanforderungen

Die Vernetzung der Produktion und die damit einhergehenden neuen Geschäftsmodelle erfordern ein Bewusstsein für die Vermarktung des zusätzlich entstehenden Nutzens im Rahmen von Industrie 4.0. Höhere Verfügbarkeiten, eine größere Flexibilität und gesteigerte Ressourceneffizienz sowie daraus resultierende Produktivitätsvorteile, die durch Vernetzung und spezifische Dienstleistungen realisiert werden können, benötigen neue Denkmodelle bei Vertriebs- und Kooperationsmöglichkeiten. Das höhere Maß an Automatisierung erfordert darüber hinaus neue Fähigkeiten in der Bedienung und Steuerung von Maschinen und Anlagen (z. B. über mobile Steuerungsgeräte).

Im Rahmen dieser Qualifizierungsmaßnahmen müssen die Mitarbeiter Vertrauen gegenüber selbststeuernden, selbstkonfigurierenden und selbstoptimierenden Systemen aufbauen. Mitarbeiter müssen einen positiven Bezug zu Maschinen und Produktionsprozessen gewinnen, indem sie ihre regelmäßigen Kontrollen und Prozesseingriffe reduzieren, ohne Misstrauen gegenüber maschinengelenkten Entscheidungen zu entwickeln. Dieser Perspektivenwechsel benötigt Vertrauen in Sicherheit und Technik.

Ein entscheidender Bereich, in dem Qualifizierungen erfolgen müssen, ist die IT-Sicherheit. Mit den Problemen der Industriespionage und -sabotage ergeben sich dabei zentrale Problemstellungen. Deshalb ist ein ganz wesentlicher Erfolgsfaktor für Industrie 4.0, dass die Mitarbeiter sicherheitstechnisch sensibilisiert werden. Erfolgreiche Attacken könnten ansonsten bei umfassend vernetzten Systemen zu großflächigen Ausfällen der Produktion, Abfluss von sensiblem Know-How und schlimmstenfalls zur Existenzgefährdung ganzer Unternehmen führen.

Die Möglichkeit, durch Industrie 4.0 die Flexibilität in der Produktion deutlich zu erhöhen, verlangt ebenfalls eine steigende Einsatzflexibilität der Mitarbeiter und damit zusätzliche Qualifikationsanforderungen. So werden Mitarbeiter in Zukunft vielfältigere Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Bereichen des Unternehmens erhalten, um der vertikalen Ausrichtung des unternehmensinternen Wertschöpfungsnetzwerkes Rech-

nung zu tragen. Das bedeutet im Umkehrschluss allerdings auch, dass Tätigkeiten mit einfachem Qualifizierungsprofil seltener werden. Maschinen und Roboter werden zunehmend diese einfachen Tätigkeiten übernehmen. Deshalb spielt die Qualifizierung der Mitarbeiter eine herausragende Rolle für die Akzeptanz von Industrie 4.0.

Handlungsempfehlung

Die Mitarbeiter sollten baldmöglichst auf die neuen Entwicklungen vorbereitet werden. Hier ist eine anspruchsvolle Aufgabe zu bewältigen. Einerseits müssen Mitarbeiter weiterqualifiziert werden, um die neuen Anforderungen umsetzen zu können. Andererseits müssen neue Arbeitszeitkonzepte entwickelt werden, die passend zu einer weiteren Flexibilisierung der Fertigung eingesetzt werden können. Dies wird voraussichtlich zu einer Verschmelzung von Arbeits- und Freizeit auch im industriellen Sektor beitragen, da Produktionsvorgänge von zu Hause über Smartphones überwacht und gesteuert werden können.

6.5 Sicherstellung von Wissenstransfer und Grundlagenforschung

Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) können noch nicht in gewünschtem Maße von den initiierten Leuchtturmprojekten der Bundes- und Landesregierungen profitieren. Hier müssen Wege gefunden werden, wie Wissenstransfers stattfinden können und inwieweit KMU ermöglicht werden kann, in Testumgebungen eigene Ideen und Module zu entwickeln. Unternehmen wünschen sich insbesondere bei diesem neuen und komplexen Thema einen Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen. Neue Wertschöpfungsnetze müssen zwischen global agierenden Großunternehmen und teilweise noch regional agierenden KMU gespannt werden.

Die Grundlagenforschung sollte weiterhin daran arbeiten, ausgereifte Schaufensterfabriken und damit einhergehend Referenzarchitekturen zu entwickeln, die auch unternehmensübergreifend von KMU genutzt werden können. Der enorme Entwicklungsaufwand, der durch das umfassende Industrie 4.0-Konzept entsteht, kann nicht von KMU allein getragen werden. Dabei sollten stabile Open Source-Plattformen eine Basis bieten, die die neu entstehenden vielfältigen Vernetzungen und daraus resultierenden Wechselwirkungen effizient beherrschen und steuern können.

Handlungsempfehlung

Die Forschungsförderung muss weiterhin für den Bereich Industrie 4.0 betrieben werden. Der derzeitige Vorsprung gegenüber anderen Nationen muss aufrechterhalten werden. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse sind insbesondere solche Bereiche relevant, die für den Diffusionsgrad von Industrie 4.0 verantwortlich sind. Dazu gehören leistungsfähige Plattformen, IT-Sicherheit und die Entwicklung von Standards und

Schnittstellen. Ergebnisse sollten in Workshops sowie über Best-Practice-Broschüren, Veranstaltungen und Cluster an eine möglichst breite Unternehmerschaft transferiert werden.

6.6 Schaffung von Kenntnis über Industrie 4.0

Die Unternehmensbefragungen zeigen, dass selbst IT-affine Unternehmen in der Mehrheit noch nichts mit dem Schlagwort Industrie 4.0 in Verbindung bringen. Hier gilt es, die Aufmerksamkeit weiter zu schärfen, damit sich Deutschland möglichst weit vorne bei der Entwicklung leistungsfähiger CPS positioniert. Da Verflechtungen innerhalb von Wertschöpfungsnetzen zum Kern von Industrie 4.0 gehören, müssen möglichst viele Unternehmen auf die Potenziale dieses Konzepts aufmerksam gemacht werden.

Industrie 4.0 ist darüber hinaus ein Paradigma, das die Kraft hat, einen großen Teil des industriellen Sektors zu beeinflussen. Durch den Netzwerkcharakter müssen auch Unternehmen, die für ihr Produktportfolio und ihre Produktionsprozesse nur relativ geringes Potenzial durch Industrie 4.0 sehen, sich an die umfassenden Neuerungen, die durch die Implementierung von Industrie 4.0 bei Partnern im gleichen Wertschöpfungsnetzwerk ergeben, anpassen und ihre Produkte und Produktionsprozesse zumindest ein Stück weit daran ausrichten.

Industrie 4.0 geht also weit über die Unternehmen hinaus, die sich schon heute aktiv mit dem Thema beschäftigen. Die Einbindung anderer Unternehmen auch in Hinsicht auf Sicherheits- und Kostenfragen wird ebenfalls über den Erfolg von Industrie 4.0 bestimmen.

Handlungsempfehlung

Die derzeit durch die Hannover Messe, Verbandsaktivitäten oder Presseartikel erzeugte Aufmerksamkeit muss auf ein breiteres Fundament gestellt werden. Es besteht die Notwendigkeit, einer möglichst breiten Masse an Unternehmen die erheblichen Potenziale, die aus Industrie 4.0 erwachsen, nahe zu bringen. Aufgrund der radikalen Neuheit und umfassenden Wirkung auf das Unternehmen sollten dabei Best-Practice-Fallstudien im Vordergrund stehen, um den Unternehmen eine Vorstellung zu geben, welche Leistungsfähigkeit Industrie 4.0 bei einer konsequenten Umsetzung entfalten kann.

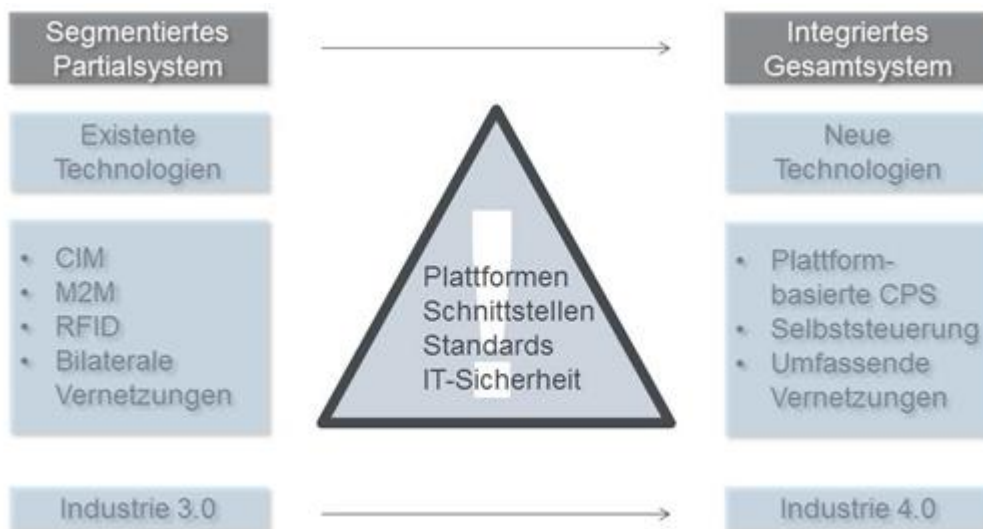
7 Ausblick

Entwicklungspfade von Industrie 4.0

Die Entwicklung hin zu Industrie 4.0 steht noch ganz am Anfang. Von entscheidender Bedeutung wird für das Gelingen von Industrie 4.0 sein, dass die derzeit in den Unternehmen existierenden Partialsysteme (Industrie 3.0) zu einem integrierten Gesamtsystem auf Plattformbasis ergänzt und verknüpft werden (Abbildung 9).

Abbildung 9

Herausforderungen für das Gelingen von Industrie 4.0



Quelle: IW Consult

Während die Partialsysteme in ihrer eng begrenzten und wenig vernetzten Umwelt funktionieren, gelten weit höhere Anforderungen an ein solches integriertes Gesamtsystem. Diese Anforderungen müssen schon heute explizit bei der Planung von Industrie 4.0-Konzepten mitgedacht werden, weil sie die Kernelemente sind, ohne die Industrie 4.0 nicht funktionieren wird.

Schon heute existente Technologien wie Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M), Computer-Integrated-Manufacturing (CIM), Echtzeitlokalisierungen über GPS (RFID) und bilaterale Vernetzungen zwischen Lieferanten und Produzenten (bspw. in der Automobilindustrie) können als segmentierte Prozesse funktionieren, da nur wenige Objekte miteinander in Interaktion treten müssen. Diese haben detaillierte und spezifische Handlungsanweisungen, die relativ unabhängig vom Gesamtsystem der Produktion

oder gar eines Wertschöpfungsnetzwerkes umgesetzt und von Mitarbeitern gesteuert und kontrolliert werden.

Durch die exponentiell ansteigende Komplexität, die die neuen Technologien wie eine umfassende Vernetzung aller Prozesse über Unternehmensgrenzen hinweg und die Erweiterung um selbststeuernde und -konfigurierende Systeme verursachen, ist eine solche relative Autarkie einzelner Produktionsprozesse unmöglich. Die Steuerung und Kontrolle dieser Prozesse wird vielfach nicht mehr von Mitarbeitern geleistet werden können, da solche Komplexitätsgrade nur durch leistungsfähige IT-Systeme beherrscht werden können. Plattformen dienen als Referenzarchitektur, in der diese Prozesse aufgesetzt, verarbeitet und gesteuert werden.

Es ist also nicht möglich, die bisherigen Erfolge innerhalb der Partialsysteme, die Industrie 3.0 zugerechnet werden können, kontinuierlich weiterzuentwickeln und Schritt für Schritt diese einzelnen Partialsysteme zu einem integrierten Gesamtsystem zusammenzuführen. Vielmehr muss schon zu Anfang die Beherrschung der Komplexität, die in dem Gesamtsystem entstehen wird, mitgedacht werden.

Um leistungsfähige und sichere Industrie 4.0-Konzepte realisieren zu können, sind vier Aspekte von entscheidender Wichtigkeit. Es werden Plattformen benötigt, über die ein integriertes Gesamtsystem gesteuert werden kann und dass die Beherrschung der Komplexität gewährleistet. Diese Plattformen müssen über Schnittstellen und Standards mit anderen Systemen auf höchsten Applikationsebenen interagieren können.

Die Vernetzung unterschiedlicher Hierarchieebenen in Unternehmen ist im Sinne von Skalierbarkeit und Sicherheit eine zentrale Herausforderung, die es zu lösen gilt. Nur so kann Industrie 4.0 zu einem Erfolgskonzept werden, in dem alle diskutierten Vorteile genutzt werden können.

Der Status quo ist, dass sich integrierte Industrie 4.0-Konzepte noch in der Forschungsphase und nicht in der Umsetzungsphase in Unternehmen befinden. Schau-fensterfabriken und Partiallösungen geben allerdings schon Hinweise auf die Potenziale, die Industrie 4.0 entfalten kann.

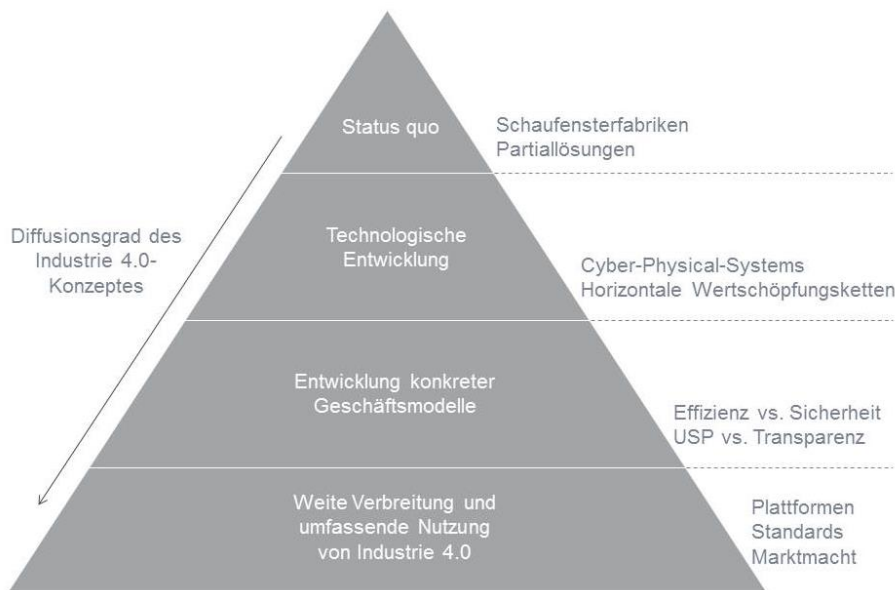
Von wesentlicher Bedeutung ist nun die weitere Entwicklung (Abbildung 10). Es können drei weitere Stufen skizziert werden, die zur Diffusion von Industrie 4.0-Konzepten notwendig sind. Die erste Stufe ist die Weiterentwicklung der derzeitigen Technologien im Bereich CPS und horizontalen Wertschöpfungsnetzwerken. Hier steht an erster Stelle, leistungsfähige und sichere Plattformen zu entwickeln, die als Kern von Industrie 4.0 dienen.

Auf der zweiten Stufe sind die Unternehmen gefragt, inwieweit sie die Ideen, die mit Industrie 4.0 realisiert werden können, aufnehmen und weiterentwickeln. Zwei entscheidende Fragen werden im Spannungsfeld Wettbewerbsvorteile durch Industrie 4.0 vs. Sicherheitsrisiken adressiert werden müssen. Die Ausgestaltung von Industrie 4.0 muss so verlaufen, dass der Nutzen von Effizienzvorteilen und der Entwicklung von

Alleinstellungsmerkmalen (USP) durch Industrie 4.0 größer ist als die Kosten bzw. die Risiken, die durch eine größere Offenheit des Unternehmens entstehen. Vor diesem Hintergrund müssen die Unternehmen konkrete Geschäftsmodelle erarbeiten, die den Kundennutzen erhöhen und/oder die eigenen Kosten senken bei gleichzeitiger Sicherheit in den Interaktionsprozessen.

Abbildung 10

Entscheidungspyramide



Quelle: IW Consult

Dabei müssen die Unternehmen eine strategische Entscheidung bezüglich ihrer Offenheit treffen. Bei einer konsequenten Teilnahme in einem Wertschöpfungsnetzwerk müssen Unternehmen bereit sein, ein höheres Maß an Transparenz und Offenheit bezüglich ihrer Produktions- und Organisationsprozesse einzugehen. Dies ist aus jetziger Perspektive mit Blick auf den Umgang mit sensiblen Daten nicht selbstverständlich.

Die dritte Stufe folgt, wenn ein hinreichend großer Anteil von Unternehmen zu der Entscheidung gelangt, dass Industrie 4.0 lohnend für sie ist. Bei hohem Diffusionsgrad werden externe Netzeffekte entstehen, die auch auf anderen plattformbasierten Märkten (wie Software oder Telekommunikation) offensichtlich sind. Entscheidend ist hierbei, ob die Entwicklung von Plattformen proprietär oder auf Open-Source-Basis geschieht, wie Interoperabilität sichergestellt wird und ob sich Unternehmen Marktmacht sichern. Damit Industrie 4.0 seine volle Kraft entfalten kann, müssen schon heute die richtigen Weichen bei den Fragen der Plattformoffenheit sowie notwendigen Standards und Interoperabilität gestellt werden.

Große Unternehmen wie Siemens melden schon heute offensiv eine Führungsrolle bei der Entwicklung von Industrie 4.0 an. Die Firmenstrategie lautet, schon jetzt alle relevanten Bausteine, die für eine umfassende Kompetenz in diesem Rahmen notwendig sind, strategisch zu entwickeln und hinzu zu kaufen.¹⁷ Mit Blick auf die Implikationen, die bei Märkten mit Plattformen beachtet werden müssen, könnte Siemens die Vorteile, die aus Unternehmenssicht aus externen Netzeffekten resultieren, realisieren. Die Folge könnte eine marktbeherrschende Stellung von Siemens in der Nutzung und Lizenzierung von Plattformen sein, ähnlich wie es Microsoft im Software-Markt ist. Diese möglichen Entwicklungen sollte schon heute bei der öffentlichen Diskussion beachtet werden, um abzuwägen, ob eine solche Entwicklung wünschenswert ist (beispielsweise in dem Spannungsfeld Wettbewerbsvorteile für deutsche Unternehmen vs. mögliche Ausnutzung von Marktmacht).

Beim Erreichen eines hohen Diffusionsgrades hat Industrie 4.0 das Potenzial, Dienstleistern große Marktchancen zu eröffnen. Eine Vielzahl von Themen, die von Industrie 4.0 adressiert werden, können von Dienstleistern bearbeitet werden. Die in der Studie genannten Marktfelder werden voraussichtlich nicht von Industrieunternehmen aufgegriffen, weil sie dort keine originäre Kompetenz aufweisen, sondern in Zukunft von externen Dienstleistern eingekauft.

Das Gelingen von Industrie 4.0 würde dementsprechend zwei Potenziale freisetzen:

- Die Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen wird gestärkt.
- Es öffnen sich neue Märkte für innovative Dienstleistungsunternehmen.

Wir stehen derzeit am Anfang einer Entwicklung mit großem Potenzial, Produktionsprozesse und damit den ganzen industriellen Sektor zukunftssicher zu gestalten. Gleichwohl müssen hierfür schon heute Lösungen in zweifacher Hinsicht entwickelt werden:

- Die Prozesse müssen technologisch entwickelt werden.
- Die Rahmenbedingungen und Herausforderungen müssen gestaltet werden.

Wenn die potenziellen Hürden genommen werden, können Dienstleister Geschäftsmodelle und darauf aufbauend ganze Geschäftsfelder neu entwickeln. Diese Chance werden innovative Dienstleister aufgrund der deutlich überdurchschnittlichen Wachstumsaussichten von selbst ergreifen, wenn die Rahmenbedingungen stimmen.

¹⁷ Vgl. Frühjahrsmagazin von Siemens „Zukunft der Fertigung“ (2013):
http://www.siemens.com/innovation/apps/pof_microsite/_pof-spring-2013/_html_de/industrie-40.html,
Stand 20. August 2013

Anhang

Schon 1999 wurde von der Bundesregierung das Rahmenkonzept Forschung für die Produktion von morgen initiiert. Gefördert werden Forschungsvorhaben, in denen insbesondere für mittelständische Unternehmen innovative Produktionsstrategien entwickelt werden. Die Ziele sind: schnellere Anpassung der Produktion an Marktveränderungen, beschleunigte Integration neuer Technologien und Dienstleistungen, bessere Umweltverträglichkeit der Produktion. Darunter fällt beispielsweise das Themenfeld „IKT 2020“. Auch das Themenfeld „Intelligente Vernetzung in der Produktion - Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ ist hier zu verorten.

Daneben hat die Bundesregierung hat deshalb Ende 2010 eine umfassende Strategie mit dem Titel „Deutschland Digital 2015“ beschlossen. Mit dem Programm „Digital Bavaria“ sorgt auch die Bayerische Staatsregierung für eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit bayerischer Unternehmen. Auch andere staatlichen Programme wie beispielsweise die Projekte „vierte industrielle Revolution“ und „Bayern 3.0“ haben zum Ziel, diesen Wandel erfolgreich zu gestalten. Neben diesen Programmen und der Schwerpunktsetzung von Industrie 4.0 auf der Hannover Messe 2013, sind in der letzten Zeit viele Publikationen erschienen, die sich dem Phänomen nähern.¹⁸ In Deutschland wird die Diskussion über Industrie 4.0 deshalb so intensiv geführt, weil das Land zu einem der wettbewerbsstärksten Industriestandorte und führenden Fabrikausrüster weltweit gehört.¹⁹ Die Potenziale des Industrie 4.0-Konzeptes lassen sich damit in Deutschland besonders gut realisieren.

Die Politik hat dementsprechend mit ihren Forschungsförderungsprogrammen schon erste Weichen gestellt und damit Handlungswillen bewiesen. Die Grundlagenforschung im Rahmen von Industrie 4.0 ist deshalb von großer Bedeutung, weil Plattformen und externe Netzwerkeffekte eine herausgehobene Rolle spielen werden. Plattformen wiederum setzen spezifischen Anforderungen hinsichtlich Monopolisierungstendenzen, Interoperabilität und Sicherheit, die grundlegend wettbewerbsrelevant sind.

Die Forschungsförderung kann einen Beitrag dazu leisten, dass Industrie 4.0-Konzepte einen höheren Diffusionsgrad erreicht und die deutsche Wirtschaft damit weiterhin an der Spitze der Entwicklung stehen und damit die Richtung in wegweisenden Fragen zumindest ein Stück weit mitbestimmen kann. Auch die Wissenschaft und Verbände beschäftigen sich mit dem Thema schon seit einiger Zeit.

¹⁸ Vgl. u. a. Arbeitskreis Industrie 4.0 (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Fraunhofer IAO (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, ZVEI (2013): Industrie 4.0 – wenn das Werkstück die Fabrik steuert, Ampere Ausgabe 1/2013.

¹⁹ Vgl. IW Köln / IW Consult (2012): Die Messung der industriellen Standortqualität in Deutschland – Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Köln

In vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekten arbeiten Wissenschaft und Wirtschaft an ersten Referenzlösungen für CPS. Drei Leuchtturmprojekte sollen hier genannt werden, die die Entwicklung so genannter Schaufensterfabriken zum Ziel haben, in denen exemplarisch die CPS-Welt dargestellt wird:

- CyProS: Basierend auf einer zu erarbeitenden Referenzarchitektur werden repräsentative cyber-physische Systeme entwickelt und eine konzeptionelle und methodische Basis für deren Betrieb in realen Produktionsumgebungen geschaffen.

Ein Konsortium von 20 Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen arbeitet gemeinsam an der Entwicklung eines ganzheitlichen CPS.

- ProSense: Im Projekt ProSense wird eine Produktionssteuerung entwickelt, die auf kybernetischen Unterstützungssystemen und intelligenter Sensorik basiert. Durch die Visualisierung hochauflösender Daten aus der Produktion wird der Mensch als Entscheider optimal bei der Planung und Steuerung der Produktion unterstützt.

Ein Konsortium von elf Unternehmen, wissenschaftlichen Einrichtungen und Verbänden arbeitet gemeinsam an der Entwicklung einer adaptiven Produktionssteuerung, um die Liefertermintreue zu optimieren.

- KapaflexCy: Im Rahmen des Projektes werden Lösungen entwickelt, mit denen Unternehmen Produktionszeiten flexibel und kurzfristig steuern können. Die Kapazitätsplanung in Unternehmen wird damit radikal vereinfacht mit der Möglichkeit einer dezentralen Steuerung über mobile Endgeräte. Diese neue, selbstorganisierende Steuerungstechnologie funktioniert flexibel, kurzfristig und unternehmensübergreifend. Damit können Reaktionszeiten verkürzt und die Einsatzplanung vereinfacht werden. Das Projekt konzentriert sich damit auf die Einbindung der Beschäftigten in die neue Produktionswelt.

Ein Konsortium von elf Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen arbeitet gemeinsam daran, die Beschäftigten direkt und aktiv in der neuen hochflexiblen und vernetzten Welt von Industrie 4.0 durch eine neuartige Kapazitätssteuerung einzubinden.

Vor dem Hintergrund, dass Industrie 4.0 noch ganz in den Anfängen steht, soll die vorliegende Broschüre mehr Licht hinsichtlich der Frage ins Dunkle bringen, inwieweit sich Unternehmen überhaupt schon mit dem Thema Industrie 4.0 beschäftigt haben und inwieweit sie konkrete Dienstleistungen dazu entwickeln oder anbieten. Dafür wurden zwei standardisierte Unternehmensbefragungen durchgeführt, die die Beteiligung der Unternehmen quantifiziert und Tiefeninterviews mit Experten geführt, die besondere Einblicke in die Chancen und Herausforderungen von Industrie 4.0 gegeben haben.

Ansprechpartner

Volker M. Schilling

Abteilung Wirtschaftspolitik

Telefon 089-551 78-268

Telefax 089-551 78-249

volker.schilling@vbw-bayern.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich sowohl auf die weibliche als auch auf die männliche Form. Zur besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zusätzliche Bezeichnung in weiblicher Form verzichtet.

Herausgeber:

vbw

Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

Autoren:

IW Consult GmbH

Hanno Kempermann
Dr. Karl Lichtblau

E-Mail: kempermann@iwkoeln.de
Tel. (0221) 4981-863

<http://www.iwconsult.de>