



—

—

Industrie 4.0 - Status und Perspektiven

Studie

Herausgeber:

Bitkom

Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e. V.

Albrechtstraße 10

10117 Berlin

Tel.: 030 27576-0

bitkom@bitkom.org

www.bitkom.org

Ansprechpartner:

Wolfgang Dorst

T 030 27576-243

w.dorst@bitkom.org

Verantwortliches Bitkom-Gremium:

Arbeitskreis Industrie 4.0 Markt & Strategie

Gesamtkoordination:

Wolfgang Dorst

Copyright: Bitkom 2016

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

Inhalt

Seite

1. Motivation und Rahmenbedingungen für eine empirische Analyse.....	4
2. Konzept zur Erfassung der Industrie 4.0 Aktivität.....	4
2.1 Grundbegriffe und Terminologie.....	4
2.2 Anwendungskategorien.....	6
2.3 Branchensektoren.....	7
3. Erkenntnisse über den Status von Industrie 4.0 2016.....	8
3.1 Empirische Untersuchung.....	8
3.2 Struktur der Marktsegment-Ergebnismatrix.....	9
3.3 Interpretation der Ergebnisse.....	12
3.4 Zwischenfazit der Arbeitsgruppe.....	12
4. Einschätzung des Marktpotentials von I4.0 für ITK-Unternehmen.....	14
5. Kritische Würdigung, Ausblick.....	15
6. Quellen / Literaturhinweise.....	16
7. Danksagung.....	18

1. Motivation und Rahmenbedingungen für eine empirische Analyse

Diskussionen im Bitkom Arbeitskreis "Industrie 4.0 Markt & Strategie" führten zu grundlegenden Zweifeln am Realitätsgehalt gängiger Einschätzungen über bereits erreichte Reifegrade typischer Ausprägungen der erwarteten wirtschaftlichen Prozessinnovation. Es erschien keineswegs offenkundig, welche neuen Paradigmen und Anwendungsfelder sich tatsächlich schon etabliert hatten und in welchen Bereichen der Produktionswirtschaft solche Veränderungen stattfinden. Es entstand die Projektgruppe "Marktsegmentierung", die sich das Ziel setzte, eine empirische Grundlage für die Beurteilung des Status quo und Perspektiven der Umsetzung von Industrie 4.0 zu entwickeln. Mittels dieser Marktsegmentierung sollten Mitglieder des Verbands eine Orientierung erhalten, in welchen Bereichen des produzierenden Gewerbes Geschäftspotentiale bestehen und neue Geschäftspotentiale für ITK-Unternehmen entstehen.

Bereits seit dem Sommer 2015 war bekannt, dass die Plattform Industrie 4.0 an der Dokumentation von mindestens 100 realen Anwendungsfällen arbeitete. Um grundlegende Aussagen über den Status des Marktes abzuleiten, erschien diese Fallzahl ausreichend. Es gab jedoch die Befürchtung, dass in dieser Gesamtheit systematische Einflüsse im Auswahlprozess oder eine sonstige Verzerrung im Sinne eines Produktionsbias vorliegen könnten, die zu nicht-reproduzierbaren Ergebnissen führen würden. Umso erfreulicher war es, dass sich später herausstellte, dass die Zahl der auf dem IT-Gipfel 2015 dokumentierten Fälle mehr als doppelt so hoch wie ursprünglich erwartet war. Gleichzeitig wurde eine zweite Zusammenstellung fast ebenso vieler Fälle bekannt, die auf völlig andere Weise entstanden war und sich nur unwesentlich überdeckte.

So entwickelte sich der Plan, Thesen gegen eine signifikante Gesamtheit zu prüfen und die Ergebnisse mit einer statistisch geeigneten Kontrollmenge zu verifizieren und damit eine solide und valide Basis für eine Marktsegmentierung zu erarbeiten. Hierzu sollten die obengenannten Anwendungsfälle zunächst klassifiziert werden.

Für die Klassifizierung der Anwendungsfälle sollten möglichst allgemein akzeptierte Strukturen angewandt werden. Dabei wurde ein Klassifikationsschema entwickelt, das sowohl die Gesamtheit der industriellen Wertschöpfung als auch das potentielle Spektrum der industriellen Innovation möglichst komplett und vorurteilsfrei abbildet. Also entschied sich die Projektgruppe Marktsegmentierung für eine Klassifizierung einerseits nach Anwendungskategorie und andererseits nach Branchensektor. Auf diese Weise wird deutlich erkennbar, in welchen Branchensektoren sich Industrie 4.0 heute in welcher Form tatsächlich ereignet. Über die Darstellung der empirischen Tatbestände hinausgehend werden für diese Ergebnisse erklärende Thesen aufgestellt.

2. Konzept zur Erfassung der Industrie 4.0 Aktivität

In diesem Kapitel wollen wir zunächst die Grundbegriffe und Terminologien klären, bevor wir die zugrundeliegende Logik der Anwendungskategorien sowie der Branchensektoren erläutert werden.

2.1 Grundbegriffe und Terminologie

Wie eingangs erwähnt, müssen sich Unternehmen aufgrund technologischer Trends zunehmend neuen Herausforderungen stellen. In diesem Kontext werden häufig Begriffe wie Digitalisierung, Informations- und

Kommunikationstechnologien (IKT) oder Industrie 4.0 genannt. Um die relevanten abstrakten Begriffe greifbarer zu machen, werden im folgenden Abschnitt die Begriffe näher spezifiziert.

Digitalisierung

Grundsätzlich wird unter Digitalisierung eine Überführung analoger in digitale Daten verstanden. Hierbei ändern sich die Geschäftstätigkeiten von der realen in die virtuelle Welt. Neben einer starken Vernetzung von Menschen und Objekten, werden dabei viele neue Innovationen erwartet, die zu branchensektor-übergreifenden Veränderungen führen. Für diese Entwicklung müssen Informationen unterschiedlichster Art digital umgesetzt, verarbeitet, gespeichert und übertragen werden. Hierfür sind technische Geräte und Einrichtungen wie die Datenkommunikation, Sprachtelefonie oder Computer erforderlich

Industrie 4.0

Die Digitalisierung im Produktionssektor, bzw. die Vernetzung in der Produktion, wird als Industrie 4.0 bezeichnet und als vierte industrielle Revolution verstanden. In diesem Kontext definierte die Plattform Industrie 4.0 den Begriff als eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Diese Veränderung in Unternehmen führt dazu, dass Produktionsprozesse und -abläufe durch eine erhöhte Transparenz sowohl flexibilisiert als auch optimiert werden können. Maschinenauslastung oder kundenindividuelle Produktkombinationen können mit Hilfe von cyber-physischen Systemen (CPS) verbessert und umgesetzt werden.

Servitization

Die Steigerung der industriellen Wertschöpfung durch die Nutzung des Internets beinhaltet auch das Anbieten von komplementären Dienstleistungen zu den ausgelieferten Produkten (smart Services). Dabei steht hinter dem Wort „Servitization“ der Trend, dass produzierende Unternehmen zunehmend Services anbieten und sich dadurch vom Produzenten zum Gesamtlösungsanbieter wandeln. Hierdurch können sich Firmen stärker von anderen Unternehmen abheben, Wettbewerbsvorteile sichern und daraus ableitend neue Einnahmequellen generieren. Beispielsweise wird neben dem Verkauf einer Maschine auch die Überwachung, Wartung und Reparatur über eine bestimmte Periode bis hin zur gesamten Lebensdauer angeboten.

Internet der Dinge (Internet of Things oder kurz: IoT)

Grundlage für oben beschriebene Zusatzleistungen ist die Integration physischer und virtueller Objekte zu einem globalen Netzwerk. Dabei beinhalten die Gegenstände eingebettete kommunikationsfähige, mikroelektronische Module, so dass Daten generiert und Kommunikation ermöglicht wird. Gegenstände werden Teil des Internets und können mit Informationen ausgestattet oder als physische Zusatzpunkte zu Internetservices genutzt werden.

2.2 Anwendungskategorien

Es gibt bereits eine große Vielfalt von Anwendungen, die derartige Formen des technischen Fortschritts in reale Prozesse umsetzen, und wie in anderen Bereichen, durch das Internet revolutioniert werden. Damit ist ein Strom von Innovationen in Gang gesetzt mit einer vermeintlich disruptiven Wirkung. In der Plattform Industrie 4.0 und auch in anderen Organisationen wird an einer Kategorisierung dieser Anwendungsvielfalt gearbeitet. Durch Abstraktion vom Einzelfall werden allgemeinere typologische Anwendungsszenarien beschrieben, mit denen die Gesamtheit der Innovationen eine systematische Struktur erhält.

Mit der Zielsetzung, die Vielfalt der Anwendungen möglichst vollständig zu erfassen, ergeben sich Szenarien, die in der industriellen Praxis heute (in dieser Form noch) nicht beobachtet werden. In der vorliegenden Analyse wurde die Gesamtheit aller Anwendungsfälle folgenden Kategorien zugeordnet:

1. Auftragsgesteuerte Produktion

Integration von Wertschöpfungsketten mit dem Ziel der Steigerung von Kosteneffizienz bei kleinen Losgrößen

- 1.1 Innerhalb des Konzerns
- 1.2 In einer „Connected World“

2. Value-based Services

Komplementäre Dienstleistungen für ausgelieferte Produkte, beispielsweise bedarfsgesteuerte Wartung zur Erhöhung der Verfügbarkeit oder zur Senkung der Kosten von Wartung und Instandhaltung

- 2.1 Bezogen auf ausgelieferte Produkte
- 2.2 Bezogen auf eigene Werke/Maschinen

3. Assistenzsysteme

Automatisierung von Teilbereichen des Produktionsprozesses

- 3.1 Automatisierungslösungen
- 3.2 Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz

4. Transparenz und Wandlungsfähigkeit ausgelieferter Produkte

Steigerung der Wertschöpfung durch Produktverbesserungen im Feld

5. Wandlungsfähige Fabrik

Schnelle, automatisierte Anpassung von Produktionssystemen und -Abläufen

6. Adaptive Logistik

Erneuerung/Optimierung logistischer Prozesse

7. Smart Engineering

Kollaborative, integrierte Produktentwicklung, typischerweise in einer gemeinsam genutzten Cloud-Infrastruktur

Mit den drei oben genannten zusätzlichen Unterteilungen (1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2) werden also insgesamt 10 Anwendungskategorien zur Klassifizierung der Anwendungsfälle verwendet. Fälle, die keiner dieser Kategorie zugeordnet werden können, werden in der späteren Analyse nicht als Anwendungsbeispiel zum Thema Industrie 4.0 gezählt. Auf eine Rubrik „Sonstige“ wurde bewusst verzichtet und auch die bisweilen angesprochenen Kategorien „Kreislaufwirtschaft“ und „Entwicklungs-Eco-System“ (Einbeziehung von Endbenutzern und anderen Stakeholdern in den Entwicklungsprozess) wurden nicht berücksichtigt. Die Erwartung war, dass diese Themen noch zu neu sind, um sich in dokumentierten Anwendungsfällen bereits zu manifestieren (was Stichproben bestätigt haben). Für eine etwaige Folgeuntersuchung in 2017 oder für den Fall, dass sich diese Einschränkung für die vorliegende Untersuchung als ergebnisrelevant herausstellen sollte, müsste eine entsprechende Erweiterung der Anwendungskategorien geprüft werden.

2.3 Branchensektoren

Nach den durch das Statistische Bundesamt veröffentlichten Daten zur volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung hatte das produzierende Gewerbe im Jahr 2014 einen Anteil von 31% an der Bruttowertschöpfung Deutschlands. Der Anteil des verarbeitenden Gewerbes, also der um Baugewerbe, Bergbau, sowie Ver- und Entsorgung reduzierte Anteil betrug 22%. Der Sektor der Land- und Forstwirtschaft und der Fischerei ist in der Systematik dieser Statistik nicht Teil des produzierenden Gewerbes. Er trug ca. 1% zur deutschen Bruttowertschöpfung des Jahres 2014 bei.

Bezogen auf die technischen Innovationen, die im Zuge der Realisierung des Internet der Dinge (IoT) erwartet werden, haben sich diverse, teilweise bereichsspezifische Themenfelder entwickelt. Beispiele dafür sind Smart Grid, Precision Farming, eHealth und die bereichsübergreifende Diskussion über Smart Cities. Das verarbeitende Gewerbe stellt den Bereich der deutschen Volkswirtschaft dar, in dem hauptsächlich die Effizienzsteigerung durch die Konzepte und Technologien von Industrie 4.0 erwartet wird. Innerhalb dieses Bereichs existieren absteigend sortiert nach dem Kriterium der erreichten Bruttowertschöpfung folgende (teilweise aggregierte) Branchensektoren. Dabei sind in Klammern jeweils die WZ 2008-Branchencodes und die Anteile an der Wertschöpfung des gesamten verarbeitenden Gewerbes angegeben. Diese prozentualen Werte sind dabei auf Basis von Angaben aus 2012 geschätzt, da sie in dem entsprechenden Dokument des Statistischen Bundesamtes (Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Wichtige Zusammenhänge im Überblick, Tabelle 3, Stand Mai 2015) noch nicht vorlagen. Weitere Segmente, die noch kleinere Anteile an der Bruttowertschöpfung für Deutschland haben (in Summe ca. 6%), werden in diesem Papier unter der Rubrik „Sonstiges verarbeitendes Gewerbe“ zusammengefasst.

1. Fahrzeugbau (CL, ca. 20%)
2. Maschinenbau (CK, ca. 16%)
3. Herstellung von DV-, Elektronik-, Optik-Erzeugnissen und elektrischer Ausrüstung (CI+CJ, ca. 13%)
4. Metallerzeugung und Bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen (CH, ca.13%)
5. Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen (CE+CF; ca. 11%)
6. Herstellung von Gummi-, Kunststoff-, Glaswaren und Keramik (CG, ca. 7%)

7. Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken, Tabakverarbeitung (CA, ca. 7%)

8. Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren, Reparatur und Installation von Maschinen (CM, 7%)

9. Sonstiges verarbeitendes Gewerbe

Diese 9 Branchensektoren können nach unterschiedlichen Kriterien in Bezug auf relevante Methoden zur Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten weiter aggregiert werden. So werden die Produktionsverfahren der Branchensektoren 1 bis 3 aufgrund hoher Komplexität der erzeugten Produkte Ähnlichkeiten in den Potentialen für Automatisierung aufweisen. Ziel der gewählten Gliederung ist es, eine Marktsegmentierung im zweidimensionalen Raum „Branchensektoren x Anwendungskategorien“ zu definieren,

- die den heutigen Gegenstand der Diskussion um Anwendungen im Thema Industrie 4.0 vollständig abbildet
- und die das verarbeitende Gewerbe in der Gesamtheit seiner Wertschöpfung erfasst.

Das angestrebte Ergebnis der vorliegenden Untersuchung besteht also darin, Methoden zur Umsetzung von Industrie 4.0-Anwendungsszenarien zu identifizieren und diese zu geeignet gewählten Gruppen von Branchensektoren des verarbeitenden Gewerbes in Beziehung zu setzen. Es soll Transparenz darüber erzeugt werden, welche Art von Innovationen, die heute als typisch für Industrie 4.0 verstanden werden, in welchen Branchensektoren des Produzierenden Gewerbes aktuell tatsächlich stattfinden.

Auf der Grundlage einer Abschätzung der relativen Bedeutung von Anwendungsfällen in den jeweiligen Branchensektoren und einer Aggregation innerhalb der jeweiligen Anwendungskategorien entsteht dann die Möglichkeit, das wirtschaftliche Potential der Anwendungsfälle in Marktsegmenten zu charakterisieren. Für solche Diskussionen sollen die hier dargelegten Ergebnisse eine „Momentaufnahme“ über Deutschland im Jahr 2016 liefern.

3. Erkenntnisse über den Status von Industrie 4.0 2016

3.1 Empirische Untersuchung

Aus der Gliederung des verarbeitenden Gewerbes in acht aggregierte, etwa gleichgroße Branchensektoren aus inhaltlich verwandten Bereichen und dem Hinzufügen eines neunten Branchensektors „Sonstiges verarbeitendes Gewerbe“, entsteht zusammen mit der Gliederung der Anwendungen in 10 Anwendungskategorien eine Matrix mit 90 Marktsegmenten.

In der Projektgruppe wurden die insgesamt 203 Anwendungsfälle aus der Veröffentlichung der Plattform Industrie 4.0 vom IT-Gipfel 2015 auf die Mitglieder nach Zufallsprinzip verteilt. Jedes Mitglied, das sich an dieser Arbeit beteiligte, sollte über die zugeteilten Anwendungsfälle, die entsprechenden Einträge in diese Tabelle vornehmen. Dabei wurde keinerlei Gewichtung der Fälle nach Wertschöpfung, induziertem ITK-Volumen oder irgendwelchen

anderen Kriterien vorgenommen. Nur die Klassifizierung als Null oder Eins in dem jeweiligen Marktsegment der beschriebenen 9 x 10-Matrix war zulässig. Die Analyse stellt also eine Aussage über die Intensität der Aufnahme einer technischen Methodologie in einem Branchensektor des verarbeitenden Gewerbes dar – aber keinerlei quantitatives Maß im Hinblick auf die damit verbundenen wirtschaftlichen Resultate für Anwender, Zulieferer oder andere am Prozess Beteiligten. Trivial gesagt, beantwortet die Matrix damit die Frage: wo wird derzeit was bzgl. Industrie 4.0 gemacht.

Es fand eine Vereinbarung über die Systematik statt, die es erlaubte, Anwendungsfälle, die keine Industrie 4.0-Anwendungen darstellten, nicht einzutragen. Andererseits sollten aber Anwendungsfälle, die sich für mehrere Felder eignen würden, mehrfach eingetragen werden. Auf diese Weise sollte die systematische Beeinflussung durch persönliche Meinungen genauso im Mittel egalisiert werden, wie die Zufälligkeiten der individuellen Auswahl in der Zusammenstellung der Beispiele. Ein Anwendungsfall, der zwar für ein Unternehmen des Maschinenbaus beschrieben war, aber sehr offensichtlich in derselben Form auch im Bereich Elektrotechnik hätte auftreten können, wurde somit mehrfach eingetragen. Es ging also nicht darum, diejenigen Industriezweige zu identifizieren, die eine besonders aktive Berichterstattung betreiben, sondern um die Frage, welche konkreten Anwendungsfälle für die einzelnen Branchensektoren derzeit bekannt sind.

Nach Abschluss dieser Analysen und Zuordnungen durch die Mitglieder der Projektgruppe wurden die Teilergebnisse in einer 9 x 10-Matrix so aggregiert, dass jeder Koeffizient dieser Matrix die Summe der Treffer in dem jeweiligen Marktsegment darstellt. In einem letzten Schritt wurden diese Koeffizienten durch ihre Gesamtsumme dividiert und dieses prozentuale Ergebnis auf ganzzahlige Werte gerundet.

Basis der Analysen waren folgende Industrie 4.0 Sammlungen von Anwendungsfällen:

1. Anwendungsbeispiele der Plattform Industrie 4.0: insgesamt 203 Fälle
(Auswahl erfolgte nach nicht bekannten Kriterien)
2. „Innovation Register“ Industrie 4.0/ IoT von Pierre Audoin Consultants (PAC): 187 Fälle – Stand März 2016
(Eintrag erfolgt, nach entsprechender Registrierung, durch die jeweiligen Unternehmen/Institutionen selbst)

3.2 Struktur der Marktsegment-Ergebnismatrix

Die Analyse und Auszählung der Anwendungsfälle aus der Veröffentlichung der Plattform Industrie 4.0 führt auf die folgende Ergebnismatrix:

		Anwendungskategorie										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Branchensektore	1	1	1	1	2	7	0	1	1	1	2	16
	2	1	1	2	4	10	3	2	2	1	2	28

3	3	1	1	3	8	1	2	3	2	1	26
4	1	1	1	1	4	1	1	1	1	0	13
5	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
8	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	4
9	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0	5
	5	4	7	12	34	6	7	9	10	5	100

Tabelle 1: Prozentuale Verteilung der Anwendungsfälle aus der „Landkarte“ der Plattform Industrie 4.0 auf die Marktsegmente

Folgende Eigenschaften dieser Matrix sind unmittelbar auffällig:

- Die in der Darstellung grau hinterlegten Branchensektoren 5 – 9 weisen deutlich geringere Fallzahlen auf als 1 – 4, und innerhalb der führenden 4 nehmen 2 und 3 die Spitzenposition ein. Bis auf die Positionen 9/9 („Adaptive Logistik“ im Branchensektor „Sonstiges verarbeitendes Gewerbe“) und 8/5 („Automatisierungslösungen“ in dem (sehr breiten) Branchensektor „Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren, Reparatur und Installation von Maschinen“) existieren in den unteren Zeilen keine Marktsegmente, die (gerundet) mehr als 1% der Treffer repräsentieren. Die Spaltensumme rechts zeigt den deutlichen Unterschied zwischen der Anzahl der Anwendungsfälle in den jeweiligen Branchensektoren. Die beiden genannten Sonderfälle sind gemessen an den stark besetzten Marktsegmenten im oberen Teil der Matrix immer noch eher schwach ausgeprägt. Gemessen an den gängigen Vorstellungen über das Themenfeld Industrie 4.0 handelt es sich um Grenzbereiche.
- Das Gegenstück zu den obengenannten Marktsegmenten sind die rot hinterlegten Marktsegmente in den Anwendungskategorien „Automatisierungslösungen“ und „Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz“ in den Branchensektoren „Fahrzeugbau“, „Maschinenbau“, „Herstellung von DV-, Elektronik-, Optik-Erzeugnissen und elektrischer Ausrüstung“ und „Metallerzeugung und Bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen“.. Die Anwendungskategorien betreffen die Assistenzsysteme, und es zeigt sich hier, dass die willkürliche Aufspaltung nicht gerechtfertigt ist, weil die Anwendungskategorie „Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz“ kaum bekannte Anwendungsfälle zu verzeichnen hat. Die Summe der Anwendungsfälle aus den Anwendungskategorien „Automatisierungslösungen“ und „Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz“ ist die bei weitem dominierende Spalte. Es fällt auch auf, dass die Branchensektoren „Maschinenbau“ und „Herstellung von DV-, Elektronik-, Optik-Erzeugnissen und elektrischer Ausrüstung“ bezüglich der Anzahl der Anwendungsfälle insgesamt, aber auch insbesondere in den Anwendungskategorien „Automatisierungslösungen“ und „Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz“ Marktsegmente mit größerer Aktivität bilden. Der Branchensektor „Maschinenbau“ (wo auch der Anlagenbau miteingeschlossen ist) stellt die Elektroindustrie dar, wo mit VDMA und ZVEI zwei der führenden Verbände aktiv sind.

3. Mit deutlichem Abstand, aber doch klar als Marktsegmente mit Aktivitäten erkennbar, sind wiederum die Anwendungskategorien „Value-based Services bezogen auf ausgelieferte Produkte“ und „Value-based Services bezogen auf eigene Werke/Maschinen“ in den Branchensektoren „Fahrzeugbau“, „Maschinenbau“ sowie „Herstellung von DV-, Elektronik-, Optik-Erzeugnissen und elektrischer Ausrüstung“ zu erkennen. Dabei gibt es eine stärkere Aktivität in „Maschinenbau“ und im Branchensektor „Herstellung von DV-, Elektronik-, Optik-Erzeugnissen und elektrischer Ausrüstung“. Diese Anwendungskategorien sind wiederum eine willkürliche Trennung der Smart Services in interne und externe Aspekte der Werke und der darin hergestellten Produkte. Die Aufteilung erscheint hier sinnvoller als im vorangegangenen Fall. Die Summe der beiden Anwendungskategorien ist hoch, was eine eindeutige Aktivität in diesen Marktsegmenten anzeigt.
4. Die Untersuchung an dem zweiten Datensatz, dessen Ursprung in der Beratungsfirma PAC liegt, zeigt exakt dieselben Merkmale. Es entsteht das folgende Ergebnis:

		Anwendungskategorie										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Branchensektoren	1	1	1	2	1	7	1	1	2	1	0	17
	2	2	1	5	3	9	1	2	3	1	0	28
	3	1	1	1	1	6	0	1	2	0	0	14
	4	1	0	0	1	4	0	0	1	0	0	8
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	6	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	4
	7	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	4
	8	1	0	0	1	4	1	0	2	0	0	10
	9	1	1	2	2	1	0	1	0	3	0	12
		7	5	11	10	35	5	6	13	7	0	100

Tabelle 2: Prozentuale Verteilung der Anwendungsfälle aus dem „Innovation Register“ von PAC auf die Marktsegmente

Die genannten Ergebnisse scheinen durch die Art der Erhebung und etwaige (bewusste oder unbewusste) Auswahlmechanismen der Fälle nicht beeinflusst zu werden.

Auf diese Weise wird eine deutliche Struktur in der aktuellen Marktsituation erkennbar. Dabei ist erneut zu betonen, dass die prozentualen Anteile in den Marktsegmenten nicht mit den dort erzeugten Anteilen an der Wertschöpfung in der deutschen Volkswirtschaft korrelieren. Für weitergehende Erklärungen für das Zustandekommen dieses Ergebnisses liefert die vorliegende Marktsegmentierung als solches keine Basis. Dennoch bietet dieses Resultat Anlass für plausible Erklärungsversuche, die der folgende Abschnitt liefert.

3.3 Interpretation der Ergebnisse

Trotz unterschiedlicher Quellen und unterschiedlicher Faktoren, die zu den beiden Zusammenstellungen von Anwendungsfällen geführt haben, ergibt die jeweilige Auswertung vergleichbare Ergebnisse, mit nur vereinzelt Abweichungen.

Aus diesem Grund konnten die folgenden übergreifenden Aussagen auch auf Basis der Gesamtheit aller Cases getroffen werden.

1. Branchensektoren mit den meisten Anwendungsfällen

Der „Maschinenbau“ ist mit Abstand der Branchensektor mit den meisten Anwendungsfällen (ca. 30%), gefolgt von „Herstellern von DV-/Elektronik-/Optik-Erzeugnissen“ (ca.18%), „Fahrzeugbau bzw. Fahrzeug-Zulieferern“ (ca. 16%) sowie „Metallerzeugung und -bearbeitung“ (ca.11%).

2. Häufigste I4.0-Anwendungskategorie

Das Gros der heute praktizierten Industrie 4.0-Anwendungen fällt unter die Kategorie „Assistenzsysteme“ (in Summe ca. 40%), dabei stehen „Automatisierungslösungen“ im Vordergrund, ergänzt durch „Lösungen zur Steigerung der Energie-Effizienz“.

Mit deutlichem Abstand folgen „Value-based Services“ sowohl für Produkte als auch Werke, wozu z.B. auch Predictive/ Preventive Maintenance zählt, sowie Anwendungen aus den Bereichen „Wandlungsfähige Fabrik“ und „Adaptive Logistik“.

3. Heterogenes Feld an Anwendungsfällen

Die Anwendungsfälle sind von Umfang/Struktur her sehr unterschiedlich. Sie reichen von Einzel-Modulen, wie z.B. intelligenter Fördertechnik zur Bestückung von Produktionsanlagen, bis hin zu komplexen, integrierten Entwicklungs-, Produktions- und Logistik-Systemen.

Ein Teil der Anwendungsfälle ist zudem bei einer genauen Betrachtung und Auslegung der für Industrie 4.0 geltenden Kriterien, nicht unter Industrie 4.0 einzuordnen.

4. Viele Anwendungen befinden sich in einer frühen Entwicklungsstufe

Viele der aufgeführten Anwendungsbeispiele befinden sich noch im Planungs-/ Entwicklungsstadium oder sind reine Pilotprojekte. Das trifft vor allem auf komplexere Anwendungen zu, die oft einen hohen Vernetzungsgrad besitzen (d.h. die eine große Zahl an Objekten und Beteiligten in einem System integrieren).

3.4 Zwischenfazit der Arbeitsgruppe

Neben der detaillierten Analyse der beiden Sammlungen von Anwendungsfällen (Plattform Industrie 4.0 und PAC „Innovation Register“) und der Aufbereitung der Ergebnisse in der Marktsegments-Matrix, fand innerhalb der Arbeitsgruppe eine rege Diskussion zum Thema Industrie 4.0- Anwendungsfälle und -Marktpotentiale für ITK-

Unternehmen statt. In diese Diskussion flossen natürlich auch individuelle Erfahrungen und Erkenntnisse der einzelnen Arbeitsgruppen-Mitglieder ein. Die wesentlichen Erkenntnisse sind im Folgenden zusammengefasst.

- **Nur ein Teil der I4.0-Anwendungen ist veröffentlicht/ öffentlich zugänglich**

Aktuelle Quellen für Anwendungsbeispiele sind neben den bereits genannten Sammlungen von Anwendungsfällen der Plattform Industrie 4.0 und von PAC, in erster Linie Veröffentlichungen von Verbänden und Analysten sowie in der Presse veröffentlichte Anwendungsbeispiele.

Es ist davon auszugehen, dass eine nicht unerhebliche Zahl von Industrie 4.0-Anwendungen, an denen derzeit gearbeitet wird, nicht veröffentlicht sind – entweder aus Geheimhaltungsgründen oder einfach, weil sie nicht publik gemacht wurden. Eine These ist z.B., dass gerade sehr „innovative“ Anwendungsfälle mit neuartigen Geschäftsmodellen möglichst lange „unter Verschluss gehalten“ werden, um allfällig geschaffene Wettbewerbsvorteile auch weiterhin zu sichern.

Die Aussagen der Arbeitsgruppe gelten entsprechend nur für den Teil der bekannten Industrie 4.0-Anwendungen.

- **Schwerpunkt der Anwendungsfälle liegt bei Automatisierungslösungen**

Die ursprüngliche Annahme der Arbeitsgruppe, dass Predictive/ Preventive Maintenance der dominierende Industrie 4.0-Anwendungsfall sein wird, wurde durch die erweiterte Analyse widerlegt: Der Schwerpunkt der Industrie 4.0-Anwendungen liegt in Deutschland auf Automatisierungslösungen.

Mögliche Gründe dafür können zum einen darin liegen, dass das Thema Industrie 4.0 in den Unternehmen in erster Linie von den Produktionsbereichen aufgegriffen wurde - entsprechend ist man dort auch am weitesten. Damit ließe sich auch erklären, warum Bereichs- bzw. Unternehmens-übergreifende Anwendungen oder neue Geschäftsmodelle seltener zu finden sind (Verantwortung dafür liegt in anderen Unternehmensbereichen).

- **Neue Geschäftsmodelle und Services auf Basis Daten-getriebener, vernetzter Anwendungen sind noch in der Minderheit**

„Vernetzte“ Anwendungen mit dem Ziel der Integration horizontaler und vertikaler Wertschöpfungsketten besitzen eine erhebliche Komplexität und stellen hohe (z.T. noch ungelöste) Anforderungen an Interoperabilität, Sicherheit und Datenschutz, etc. Dies ist sicher einer der Gründe, warum diese Anwendungen noch nicht angegangen wurden bzw. sich noch im Planungs- oder Pilotierungsstadium befinden.

Grundsätzlich liegt die Vermutung nahe, dass man in den Industrie-Unternehmen das Thema Industrie 4.0 bislang nur bedingt mit dem Ziel, der Generierung neuer, innovativer Geschäftsmodelle betrachtet hat (insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen).

- **„Maschinen-nahe“ Branchensektoren sind aktiver als „Service-nahe“ Branchensektoren**

Die Branchensektoren „Maschinenbau“, „Hersteller von DV-/Elektronik-/Optik-Erzeugnissen“ sowie „Fahrzeugbau bzw. Fahrzeug-Zulieferer“ stellen den Großteil der aktuellen Anwendungsbeispiele. Dagegen sind „Service-nahe“ Branchensektoren, die typischerweise Produkte für Endkonsumenten fertigen, mit weniger Anwendungsbeispielen vertreten. Auch liegt hier die Vermutung nahe, dass viele Unternehmen bislang noch nicht die zusätzlichen Geschäftschancen erkannt haben, die sich aus Industrie 4.0 ergeben können.

4. Einschätzung des Marktpotentials von I4.0 für ITK-Unternehmen

▪ **Übergreifende Bewertung des Marktpotentials nur sehr eingeschränkt möglich**

Zumindest eine erste Indikation für das Marktpotential bietet die quantitative Analyse der beiden Sammlungen von Anwendungsfällen: Sie zeigt einerseits auf, in welchen Branchensektoren heute am häufigsten Industrie 4.0-Anwendungen praktiziert bzw. geplant werden und andererseits, welche Anwendungsbereiche heute am häufigsten vorkommen.

Eine weitergehende, übergreifende Potential-Betrachtung von Industrie 4.0-Anwendungen erweist sich als äußerst schwierig. Gründe dafür liegen in der unterschiedlichen Ausprägung der einzelnen Anwendungsfälle (es lassen sich nur schwer homogene Marktsegmente bilden), aber auch in den je nach Leistungsangebot sehr unterschiedlichen Perspektiven der ITK-Anbieter auf einen Anwendungsfall (z.B. Business Applikationen, Software Tools, Middleware, Hardware, Telekommunikation, Systemintegration, Beratung, etc.).

Ein Beispiel gibt die in der Arbeitsgruppe diskutierte Frage, inwieweit die Digitalisierung auf der Ebene einer Produktionsmaschine, Potential für ITK-Anbieter birgt. Auf den ersten Blick scheint das Potential gering zu sein, allerdings bergen Aspekte wie eine sichere Datenübertragung, die Auswertung, Speicherung und Weiterverarbeitung der Maschinendaten bis hin zur Nutzung der Daten im Rahmen neuer Geschäftsmodelle, verschiedene Ansatzpunkte für ITK-Unternehmen.

▪ **Potential von Industrie 4.0 für ITK-Unternehmen noch nicht gehoben**

Das wahre Potential von Industrie 4.0 für ITK-Anbieter liegt in der Unterstützung neuer Geschäftsmodelle und Services auf Basis einer intelligenten Vernetzung unterschiedlicher Objekte und Beteiligter in einem Wertschöpfungssystem. Interessant wird es z.B., wenn große Datenmengen transportiert, verarbeitet, ausgewertet und gespeichert werden müssen, wenn vielfältige Schnittstellen gemeistert werden müssen, hohe Compliance- oder Sicherheitsanforderungen bestehen sowie wenn intelligente, integrierte und adaptive Systeme entstehen sollen.

Wie die bisherige Analyse gezeigt hat, sind diese Formen von Industrie 4.0-Anwendungen noch in der Minderheit bzw. in einem sehr frühen Stadium. Hier liegt ein erhebliches Potential für ITK-Anbieter.

▪ **ITK-Anbieter müssen Potential von I4.0-Anwendungen individuell bewerten**

In Abhängigkeit vom jeweiligen Leistungsangebot und des Wertschöpfungsbeitrags empfiehlt es sich ITK-Anbietern, individuell zu prüfen, welches Geschäftspotential sich für sie aus Industrie 4.0 ergibt. Dabei empfehlen wir zunächst eine Überprüfung, in welchen Marktsegmenten bereits Fähigkeiten sowie Technologien vorhanden sind und Kundenzugänge existieren. Andererseits soll die Attraktivität der Marktsegmente aus Perspektive des Unternehmens überprüft werden. Dies kann beispielsweise geschehen, indem basierend auf der hier vorgestellten Marktsegmentierung mit den aktuellen Aktivitäten eine zukünftige Entwicklung antizipiert wird. Aus der Überlagerung dieser beiden Beurteilungen werden mögliche zukünftige strategische Geschäftsfelder deutlich. In der Folge sollen diese gezielt priorisiert werden und für geeignete Zielkunden Angebotsbausteine für bestehende und zukünftige Anwendungsfälle angeboten, resp. geschaffen werden. Gleichzeitig empfehlen wir den ITK-Unternehmen, sich an der Entwicklung neuer Geschäftsansätze im Industrie 4.0-Kontext aktiv zu beteiligen.

5. Kritische Würdigung, Ausblick

Die häufigste Frage ist gegenwärtig die nach dem ersten Schritt in die Industrie 4.0. Nach der Beschreibung der zu Grunde liegenden technischen Trends von Industrie 4.0 in der Acatech Studie CPS von 2012 hat der Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0 in 2015 ein Referenzmodell für die Referenzarchitektur Industrie 4.0 beschrieben. Konkrete Umsetzungsszenarien sind nicht entwickelt worden. Gleichwohl wurden Industrie 4.0-Projekte in den Produktionsbereichen und in der ITK-Branche selbständig oder ganz im Sinne der Konvergenz der Branchen in Kooperation begonnen.

Das Interesse der Marktteilnehmer ist natürlicherweise an diesen ersten Implementierungen besonders groß. Aus besten Praktiken (Best Practices) wollen viele über Beispiele erste Schritte für eigenes Handeln ableiten. Dazu gehören auch Umsetzungen nur in Nischen, zum Beispiel für einzelne Elemente der Wertschöpfungskette, für die die Vernetzung mit Diensten im Internet zwar ein komplexes Unterfangen ist, aber Neues ermöglichen könnte.

Für dieses Interesse haben die Plattform Industrie 4.0 im Rahmen des IT-Gipfels der Bundesregierung und die Marktanalysten bei PAC in den letzten Monaten jeweils eine Sammlungen von Anwendungsfällen erstellt. Nach unserer Einschätzung geben diese Sammlungen eine verlässliche, zutreffende Übersicht über den aktuellen Stand der Entwicklung. Die Analyse in diesem Ergebnisbericht beruht somit auf zwei Quellen der derzeit umfangreichsten und zugänglichen Sammlungen von Anwendungsfällen und hat darum eine gute Basis.

Einige Anwendungsfälle in beiden Sammlungen wurden für diesen Ergebnisbericht nicht berücksichtigt, da sie zu anderen Branchen (Beispiel Energie, Finanzen) zuzuordnen sind. Dennoch können die hier verwendeten Grundprinzipien auch auf andere Branchensektoren außerhalb des verarbeitenden Gewerbes prinzipiell angewendet werden, um die Marktsituation zu bestimmen.

In beiden Quellen zeigt sich, dass Industrie 4.0 nur einseitig in der Wirtschaft angekommen ist. Einerseits stammen die meisten Anwendungsfälle aus dem Maschinenbau, gefolgt von Fahrzeugbau/-Zulieferer. Andererseits ist die Mehrzahl der heute praktizierten Anwendungsfälle als Automatisierungslösung nahe an der Produktion auf dem Hallenboden eine direkte Fortsetzung von Industrie 3.0. Die Ziele sind vor allem die Optimierung bestehender Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten. Also zum Beispiel Reduzierung der Kosten oder Beschleunigung der Durchlaufzeiten bei bereits existierenden Produkten. Es ist des Weiteren zu prüfen ob in den „Maschinen-nahen“ Branchensektoren (1 bis 3) für die installierten Produkte ein Potential für Smart Services besteht. Außerdem ist zu prüfen, ob in den „Service-nahen“ Branchensektoren (4 bis 8) kurzfristig realisierbares Potential für Dienstleistungen zur Integration von Wertschöpfungsketten zu erwarten ist.

Deutschland ist also mehrheitlich auf dem Optimierungspfad. Marktteilnehmer und Politik beschreiben das Erreichte trotzdem häufig mit dem Begriff Industrie 4.0. Aus Sicht eines Anbieters ist das nur zu verständlich, denn so werden die eigenen Produkte und Dienstleistungen gut positioniert. Bei der Politik scheint es eher aus dem Reflex zu entstehen, dass Maschinenbau und Fahrzeugbau/-Zulieferer durch politisch ausgerichtete Begleitprogramme gut gegen eine Bedrohung aus anderen Wirtschaftsregionen, aufgestellt sind.

Eine grundsätzliche Veränderung wird nur in Ausnahmen erreicht und das wahre Potential von Industrie 4.0 ist noch nicht gehoben. In wenigen Anwendungsfällen sind beste Praktiken für produktbezogene und generell individualisierte Online-Dienste benannt. Neue Geschäftsmodelle durch Servitization, also dem Übergang vom Produkt zum Service in der Cloud sind selten. Das gilt auch für die Generierung neuer Geschäftsmodelle auf Basis intelligenter Vernetzung unterschiedlicher Marktteilnehmer. Es gibt also ein großes Feld an Themen, die in den Quellen noch nicht gesehen wurden. Hier liegt ein erhebliches Potential für die ITK-Anbieter. Dabei darf es für innovationsfördernde Rahmenbedingungen keine protektionistischen Maßnahmen für solche Geschäftsmodelle geben, die durch Servitization herausgefordert werden.

Die Ursache dafür liegt optimistisch betrachtet am Publikationsbias. Denn Projekte mit Servitization können noch im Entwicklungsstadium sein und darum wird über die neuen, wettbewerblich relevanten Geschäftsmodelle nicht allzu viel preisgegeben. Dann wäre die Geheimhaltung von Innovationen ein wesentlicher Grund für das Fehlen der Game Changer.

Die Sammlungen von Anwendungsfällen in den beiden Quellen werden fortlaufend ergänzt. Daraus ergeben sich gute Möglichkeiten für die nahe Zukunft. Auf einige Unternehmen könnte noch einmal zugegangen werden, um die Entwicklung des Reifegrades nach der jetzigen Entwicklungs- und Pilotphase zu verfolgen. Auch könnte die in diesem Leitfaden vorgelegte Analyse in einem Jahr wiederholt werden, um den Stand der besten Praktiken zu aktualisieren.

6. Quellen / Literaturhinweise

Quellen:

- Kagermann, H. (2015). Change Through Digitization—Value Creation in the Age of Industry 4.0. In Management of Permanent Change (pp. 23-45). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- https://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/archiv/reihen/strategiepapiere/Strategiepapier326_02_2013.pdf; aufgerufen am 29.03.2016
- Lucke, D., Görzig, D., Kacir, M., Volkmann, J., Haist, C., Sachsenmaier, M., Rentschler, H. (2014): Industrie 4.0 für Baden-Württemberg. Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie 4.0. Strukturstudie. Hg. v. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg und Fraunhofer Institut für Produktions-technik und Automatisierung (IPA). Stuttgart.
- Plattform Industrie 4.0. <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html>; aufgerufen am 27.10.2015.
- Prockl, G., & Pflaum, A. (2012). Mehr Transparenz in der Versorgungskette durch das „Internet der Dinge“. In Business Innovation in der Logistik (pp. 105-126). Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Barnett, N. J., Parry, G., Saad, M., Newnes, L. B., & Goh, Y. M. (2013). Servitization: is a paradigm shift in the business model and service enterprise required?. *Strategic Change*, 22(3- 4), 145-156.

Weitere zu empfehlende Literatur:

- Arbeitskreis Smart Service Welt/ acatech (Hrsg) (2015): Smart Service Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Berlin.
- Bloching, B., Leutiger, P., Oltmanns, T., Rossbach, C., Schlick, T., Remane, G. et al. (2015): Die digitale Transformation der Industrie. Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist. Hg. v. Roland Berger und BDI. BDI.
- Commerzbank AG (2015) .Management im Wandel. Digitaler, effizienter, flexibler! Frankfurt am Main.
- Koch et al. (2014). Industrie 4.0. Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Strategy& und PwC
- Kurzlechner, W. (2015). Wucht von Industrie 4.0 wird unterschätzt

7. Danksagung

Besonderer Dank gilt den aktiven Teilnehmern der Bitkom Projektgruppe Marktsegmente des Arbeitskreises Industrie 4.0 Markt & Strategie, insbesondere den Autoren des Ergebnisberichts.

Dr. Bernd Kosch, Fujitsu Technology Solutions GmbH

Michel Lason, Homburg & Partner AG

Ulrich Porst, Gerlach, Porst + Steiner GmbH

Esther Schulz, Fraunhofer SCS

Beratende Mitglieder der Projektgruppe:

Lennart Oly, ENX Association

Martin Neuenhahn, Software AG

Dr. Steffen Heyer, Hitachi Europe GmbH