

Industrie 4.0 und deren Umsetzung

Ann-Carolin Ritter^{1,2}

¹TU München
anncarolin.ritter@tum.de

²Haselhorst Associates GmbH
office@haselhorst-associates.com

Zusammenfassung

Industrie 4.0 – eine Revolution oder vielmehr eine Evolution? Sicher ist, dass sie die Unternehmensstrukturen stark verändern wird. Aktuell hält Industrie 4.0, die ganzheitliche und digitale Vernetzung von Unternehmen, zunehmend ihren Einzug. Die positiven Veränderungen, welche die Umsetzung von Industrie 4.0 bringt, stellt Unternehmen allerdings auch vor Herausforderungen. Der folgende Fachartikel gibt Aufschluss über die grundlegenden Veränderungen durch Industrie 4.0. Er bespricht zudem den aktuellen Status vier verschiedener Branchen hinsichtlich deren Umsetzung und wirft einen Blick auf das strategische Vorgehen der Unternehmen. Des Weiteren geht der Artikel auf die größte Herausforderung ein: die Standardisierung. Und er geht auf das Thema Datensicherheit ein, speziell auf Open Innovation und Open Source. Der Artikel beruht auf einer Bachelorarbeit, der eine quantitative und eine qualitative Datenerhebung zugrunde liegt. Er soll ein Bild vom aktuellen Entwicklungsstand von Industrie 4.0 vermitteln.

1 Einleitung

„Die Industrie steht am Anfang einer Revolution, genannt Industrie 4.0“ [Kögl15]. Mit diesem Satz begründete Dr. Jochen Kögler, der Vorstand der Messe Deutschland, die Wahl des Themenschwerpunktes der diesjährigen Hannover Messe 2015: „Integrated Industry“. Der Begriff Industrie 4.0 ist aktuell in aller Munde und wurde bei der jährlichen Trend-Umfrage von Bitkom von 42 % der Befragten zum Top-Thema 2015 gewählt [Shah15]. Industrie 4.0 entsteht im Zuge der industriellen Entwicklung. Nach Industrie 1.0, 2.0 und 3.0 fällt im Jahre 2011 erstmalig auf der Hannover Messe der Begriff Industrie 4.0. Er bezeichnet allgemein eine ganzheitliche und digitalisierte Vernetzung. Sie wird über ein Cyber-Physical System (CPS) organisiert, das Unternehmen über eingebettete Systeme miteinander vernetzt. Die Vernetzung bietet vielfältige Chancen für Unternehmen, besonders hinsichtlich Kosten, Qualität und Zeit, Flexibilität und Transparenz. Sie fordert allerdings einige nicht unerhebliche Veränderungen der Unternehmensstrukturen.

2 Die grundlegenden Veränderungen

Laut Kagermann et al. ergeben sich aus Industrie 4.0 Konsequenzen für die Geschäftsmodelle, die Wertschöpfung, die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation [KaWH13]. Diese Konsequenzen sind die vier grundlegenden Veränderungen durch Industrie 4.0.

2.1 Neue Geschäftsmodelle

Ein Geschäftsmodell besteht aus vier Elementen: Kundenbeziehung, Finanzen, Infrastruktur sowie angebotene Güter- und Dienstleistungen [OsPi02]. Die Entstehung neuer Geschäftsmodelle wird hier ausschließlich mit Blick auf Kundenbeziehungen beschrieben. Die Kundenbeziehung beschreibt laut Definition, wie ein Unternehmen den Markt erschließt und wie es mit seinen Kunden in Kontakt tritt [OsPi02].

Mit Industrie 4.0 zieht der Gedanke der Interaktivität in das Unternehmen ein [SGH+13]. „Interaktiv(e) bedeutet Kooperation und sozialer Austausch“ [RePi06, S. VII]. Dieser neue Ansatz verändert die Kundenbeziehung enorm. Denn das Ziel ist es nun, den Kunden in die Unternehmensprozesse und in die Wertschöpfung mit einzubeziehen. Der Kunde wird selbst aktiv und so ein Teil des Unternehmens. Österle und Winter sprechen dabei auch von der Relevanz den Kunden zu besitzen [ÖsWi03].

Daher wird eine offenere und direktere Kommunikation mit Kunden angestrebt [ÖsWi03]. Moderne Kommunikationstechniken spielen dabei eine immer wichtigere und entscheidende Rolle. Unternehmen treten zunehmend über digitale Medien wie zum Beispiel Apps (Anwendungen auf Endgeräten) oder andere Lösungen in Kontakt mit ihren Kunden. Es wird versucht, stets das optimale Verhältnis aus persönlichem Kundenkontakt und standardisierbaren Leistungen herauszufinden [Wint03]. In Supermärkten beispielsweise ersetzen Selbstbedienungskassen bereits Kassierer. Kunden haben in diesem Fall keinen Kontakt mehr zu einem Mitarbeiter des Unternehmens, sondern werden zeitweise selbst zu einem eigenständig agierenden Teil des Unternehmens. In Zukunft sollen solche Formen einer interaktiven Zusammenarbeit entwickelt und ausgebaut werden. Daher ist es bei Neugründungen notwendig, entsprechend neue Markteintrittsstrategien zu entwickeln.

2.2 Neue Formen der Wertschöpfung

Die Infrastruktur eines Unternehmens, die auch ein Bestandteil eines Geschäftsmodells ist, besteht aus den Ressourcen, der Wertschöpfung und dem Wertschöpfungsnetzwerk [OsPi02]. Es beschreibt die „grundlegende Art(en), Geschäfte zu machen“ [OsPi02, S. 84].

„Ein Wertschöpfungsnetzwerk beschreibt ein System aus einzelnen Wertschöpfungsprozessen und deren prozesstechnische Abhängigkeit“ [WiBe14, S.8]. Einzelne Wertschöpfungseinheiten stehen miteinander in Verbindung. Solche Einheiten können beispielsweise verschiedene Unternehmen sein. Diese kooperieren und verfolgen ein gemeinsames Ziel, nämlich sich gemeinsam Wettbewerbsvorteile zu verschaffen [BaBE03].

Da sich die Kundenbeziehungen während des Einzugs von Industrie 4.0 verändern, müssen herstellende Unternehmen bereits bei der Produktion in der Lage sein, flexibler auf Kundenwünsche einzugehen. Dadurch verändert sich die gesamte Wertschöpfung. Denn es ist nur möglich eine breite oder vielfältige Produktpalette anzubieten, wenn die gesamte Wertschöpfungskette an ein umfassendes Wertschöpfungsnetzwerk gebunden ist.

Mit Industrie 4.0 sollen deshalb alle Prozessschritte miteinander verknüpft sein [KaWH13]. Zum Beispiel stehen Informationen, die am Ende einer Wertschöpfungskette gesammelt werden, für jeden Akteur – Menschen und Maschinen – in der Kette zur Verfügung. So sind nicht nur einzelne Elemente miteinander vernetzt, sondern die gesamte Wertschöpfungskette. Auf diese Weise werden Prozesse optimiert und nach Bedarf verändert. Dies soll über einzelne beteiligte Unternehmen hinweg und automatisiert erfolgen [KaWH13]. Daten werden von den

einzelnen Akteuren eigenständig erfasst und je nach Relevanz an andere Akteure weitergeleitet. Dabei spielt auch die „Sensordatenanalyse“ eine wichtige Rolle [WiBe14]. Maschinen zum Beispiel erfassen permanent Daten und teilen dem Wertschöpfungsnetzwerk relevante Informationen mit.

Grundsätzlich sollten die einzelnen Akteure jedoch weitgehend autonom und selbstständig bleiben, um flexibel in unterschiedlichen Prozessketten aktiv zu sein [WiBe14]. Maschinen und Fertigungsinseln werden in unterschiedlicher Reihenfolge und in verschiedenen Prozessketten genutzt. So entsteht ein durchgängiges und automatisiertes Wertschöpfungsnetzwerk, eine grundlegende Basis für Industrie 4.0.

2.3 Neue nachgelagerte Dienstleistungen

Güter und Dienstleistungen lassen sich in vier verschiedene Arten unterteilen. Neben den Finanzgütern sind das physische und immaterielle Güter sowie Dienstleistungen [Stra13]. Durch das Konzept der Integration von Kunden in die Wertschöpfungsprozesse nehmen in Zukunft Dienstleistungen, die in Verbindung mit Produkten angeboten werden, eine immer wichtigere Rolle ein. Denn nur so können Unternehmen den vielseitigen Anforderungen der Kunden gerecht werden [MeUh12]. Laut Meier und Uhlmann bedeute das nicht, dass „die Innovationen im Sachleistungsbereich an Bedeutung verlieren, sondern dass zusätzliche Innovationen im Dienstleistungsbereich unerlässlich werden“ [MeUh12, S.1].

Dienstleistungen sind „aus psychologischer Sicht (...) die Interaktion zwischen Anbieter und Kunde“ [Nerd11, S. 15]. Die Leistung, die der Kunde erhält, ist die Handlung des Anbieters [Nerd11, S. 15].

Herkömmliche Produkte werden in Zukunft immer mehr über das Internet und andere Netzwerkdienste mit Dienstleistungen verknüpft [Send13]. Dabei werden vielfältige und umfangreiche Daten erfasst, sogenannte „Big Data“. Über „intelligente[n] Algorithmen [werden diese Daten] für innovative Dienstleistungen genutzt“ [KaWH13, S. 20]. Laut Sandler ersetzen somit technische Systeme mit bisher unbekanntem Eigenschaften die uns bekannten Produkte [Send13].

2.4 Neue Arbeitsorganisation

Die Arbeitsorganisation ist laut Rhomert „die systematische Gliederung des Arbeitsprozesses nach aufgabenmäßigen, räumlichen und zeitlichen Gesichtspunkten“ [Schn79, S. 187]. Die Ziele der Arbeitsorganisation sind sowohl „die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs [, als auch] (...) die Humanisierung der Arbeit“ [Schn79, S. 187]. Für diese beiden Ziele muss das Mensch-Maschine-System stetig optimiert werden [Schn79]. In einem Mensch-Maschine-System arbeiten Menschen mit technischen Systemen zielgerichtet zusammen, um ein optimales Arbeitsergebnis zu erreichen [Joha93]. Industrie 4.0 macht die Rolle der „interdisziplinäre(n) Zusammenarbeit [...] immer wichtiger“ [JVL+13, S. 15]. Da technische Produkte immer komplexer werden, müssen unterschiedliche Bereiche und Disziplinen miteinander im Zuge eines Wertschöpfungsprozesses interagieren [Jung06]. Demnach verändert sich auch das Mensch-Maschine-System.

Maschinen sollen in Zukunft zunehmend als intelligente Assistenzsysteme der Menschen in den Prozess integriert werden [KaWH13]. Die Aufgaben, die Mensch und Maschine übernehmen, werden somit neu verteilt. Die Rolle des Menschen wird sich verstärkt auf das Planen und Entwickeln beschränken [KaWH13]. Demnach werden nicht mehr die motorischen Fähigkeiten

des Menschen genutzt, sondern viel mehr sein Denkvermögen sowie seine assoziativen und sensorischen Fähigkeiten [SGH+13]. Die Motorik übernimmt verstärkt die Maschine, die dabei durchgängig und über verschiedene Disziplinen hinweg Daten erfassen soll.

Die gesamte Kommunikation soll in Zukunft drahtlos stattfinden, wodurch sich auch der räumliche Gesichtspunkt verändern wird. Menschen sollen mobil miteinander kommunizieren können [SGH+13]. Dadurch entstehen neue Möglichkeiten des Arbeitens, zum Beispiel dass ein Werksleiter in Zukunft von zu Hause aus Maschinen über ein Smartphone oder ein Tablet bedienen kann.

Der dritte Aspekt innerhalb der Arbeitsorganisation ist der zeitliche Aspekt. Auch dieser wird sich mit Industrie 4.0 verändern. Durch Maschinen als Assistenzsysteme kann teilweise sogar ein Fachkräftemangel ausgeglichen werden. Zudem wird die Arbeit durch die mobile und drahtlose Kommunikation sehr viel flexibler. Dies soll zukünftig Auswirkungen auf eine bessere Work-Life-Balance haben [KaWH13]. Während der Mensch in Zukunft ausgewogenere Arbeitszeiten haben soll, wird die Produktion jedoch durch die durchgängige Vernetzung kontinuierlich und dauerhaft fortgeführt werden können.

3 Die Datenerhebung – Zielgruppe und Methodik

Im Rahmen der Studie wurden vier verschiedene Branchen untersucht: Automotive, Elektrotechnik, Maschinen- und Anlagenbau sowie Telekommunikation. Die Unternehmen der Branchen haben jeweils einen jährlichen Umsatz von mehr als 250 Millionen Euro, ihre Niederlassungen befinden sich in Deutschland.

Für die Analyse kamen zwei verschiedene Methoden zum Einsatz, die qualitative und die quantitative Datenerhebung.

Die qualitative Datenerhebung fand in Form von Experteninterviews statt. Die Interviews erfolgten entweder telefonisch oder in einem persönlichen Gespräch. Es wurden 10 Experten aus den vier verschiedenen Branchen ausgewählt. Zu ihnen zählten Geschäftsführer, Vorstände oder Werksleiter. Alle Befragten hatten Führungspositionen inne und sich bereits mit dem Thema Industrie 4.0 auseinandergesetzt. Die Interviewpartner haben speziell Empfehlungen zum strategischen Vorgehen bei der Integration von Industrie 4.0 in Unternehmen gegeben.

Für die quantitative Datenerhebung wurden 31 Personen aus den vier verschiedenen Branchen mittels eines Fragebogens befragt. Dazu ist vorwiegend die Rating-Skala verwendet worden [Maye06]. Die Fragen waren auf einer Skala von 0 bis 5 zu beantworten und ordinal skaliert. In den meisten Fällen bedeutete 0 „Trifft nicht zu“ und 5 „Trifft voll zu“. Die Option „kann ich nicht beurteilen“ war stets auch gegeben.

Die Untersuchung sollte auf explorative Art und Weise den momentanen Status der verschiedenen Branchen in Bezug auf Industrie 4.0 herausstellen. Daher wurden für die Auswertung Mittelwerte (MW), Standardabweichungen (STA) sowie prozentuale Anteile betrachtet und analysiert.

4 Die Telekommunikationsbranche als Vorreiter

Die Studie ergab, dass die Telekommunikationsbranche Industrie 4.0 bisher am stärksten im Unternehmen verankert hat. Der MW aller Befragten Telekommunikationsunternehmen lag bei 4,2 und damit deutlich über dem Gesamt-MW von 2,6 (Abbildung 1).

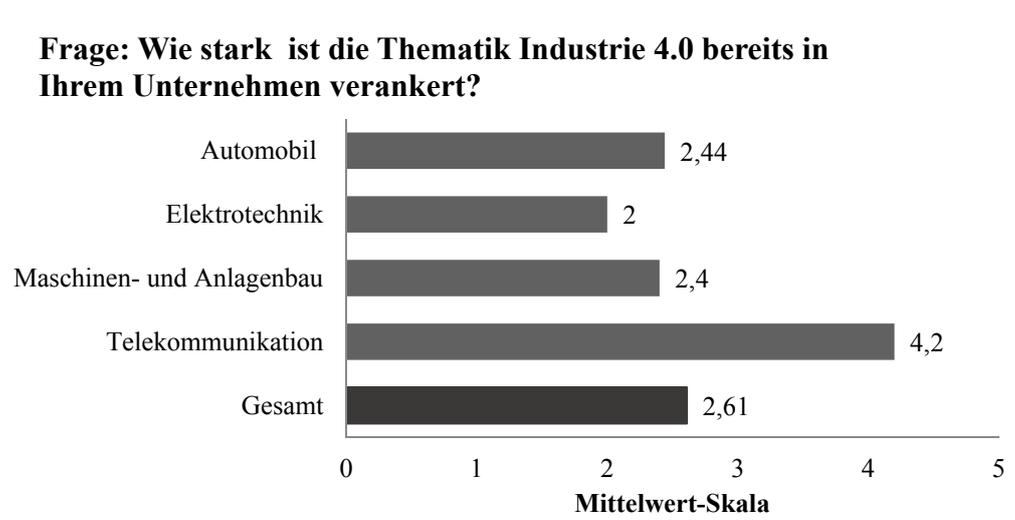


Abb. 1: Bisherige Verankerung von Industrie 4.0

Der Status bezüglich der verschiedenen grundlegenden Veränderungen wurde unter Angabe einer Ist- und einer Soll-Situation ermittelt. Beispielsweise wurden die Unternehmen im Rahmen der Veränderung „neuer nachgelagerter Dienstleistungen“ gefragt, ob Dienstleistungen bereits internetbasiert sind.

Die Branche Maschinen- und Anlagenbau möchte in Zukunft verstärkt internetbasierte Dienstleistungen anbieten. Die Befragten gaben dies bei einem MW von 4,44 und einer STA von nur 0,73 an (Abbildung 2, Zeile 3) [Ritt15]. Aktuell sind internetbasierte Dienstleistungen in dieser Branche schon teilweise integriert worden, der MW beträgt 2,3 (Abbildung 2, Zeile 3). Auch die Telekommunikationsbranche möchte zukünftig verstärkt internetbasierte Dienstleistung anbieten. Da sie hier bereits weit fortgeschritten ist, sind keine größeren Veränderungen in dieser Branche mehr zu erwarten (Abbildung 2, Zeile 4).

Der MW der Automobilbranche fiel überraschenderweise mit 2,86 deutlich geringer aus. Zur Automobilbranche gehören sowohl Lieferanten als auch Hersteller. 100% der befragten Hersteller gaben an, dass sie in Zukunft internetbasierte Dienstleistungen anbieten wollen [Ritt15]. Die Lieferanten hingegen erachten internetbasierte Dienstleistungen bei einem MW von nur 1,2 in Zukunft als nur geringfügig notwendig [Ritt15]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kunden der Lieferanten die Hersteller sind und nicht die Endkunden. Die Lieferanten haben meist langfristige Verträge mit ihren Kunden. Daher treten die Kunden der Lieferanten bei Fragen und Problemen direkt mit dem Unternehmen in Kontakt. Die Hersteller hingegen werden zukünftig verstärkt internetbasierte Dienstleistungen anbieten. Beispielsweise soll zukünftig ein Notruf automatisch abgesetzt werden und ein Auto orten, sobald der Airbag des Autos zum Einsatz kommt.

In der Elektrotechnikbranche gab es keine derart auffällige Unterscheidung. Die Branche hält internetbasierte Dienstleistungen bei einem MW von 2,83 und einer STA von lediglich 0,75 nur teilweise für notwendig (Abbildung 2, Zeile 2) [Ritt15].

Dieses Beispiel zeigt bereits, dass die Telekommunikationsbranche in Bezug auf Industrie 4.0 weiter vorangeschritten ist als die anderen drei Branchen. Es zeigt auch, dass die drei anderen zukünftig Industrie 4.0 ins Unternehmen integrieren wollen. Dennoch sehen die verschiedenen Branchen nicht in allen Bereichen die Notwendigkeit einer vollständigen Implementierung.

Fasst man die Ergebnisse der Datenerhebung zusammen, so können für die einzelnen Branchen folgende Handlungsempfehlungen gegeben werden.

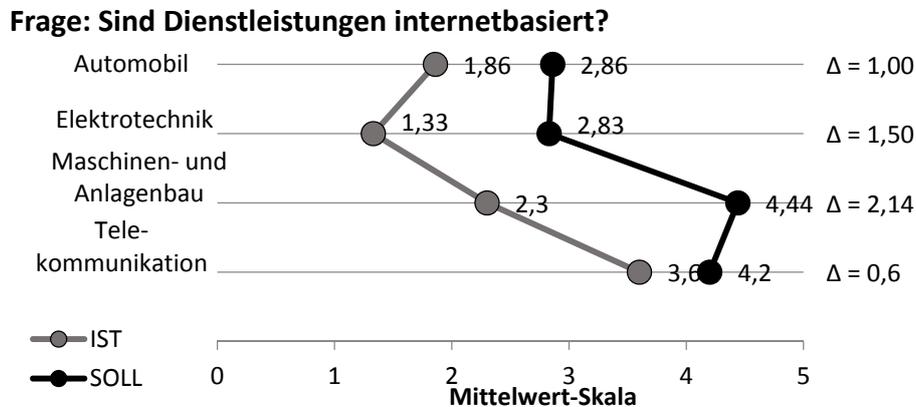


Abb. 2: Internetbasierte Dienstleistungen

In der Automobilbranche sind besonders in der Produktion größere Veränderungen zu erwarten. Die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine sowie die gesamte Vernetzung aller Akteure über ein automatisiertes Wertschöpfungsnetzwerk sollten in den Fokus gestellt werden.

In der Elektrotechnikbranche liegt der Ist-Zustand häufig unter dem der anderen Branchen. Demnach ist ein großes Potenzial in den verschiedenen Bereichen von Industrie 4.0 gegeben.

Das gleiche gilt für die Maschinen- und Anlagenbaubranche. Die größte Veränderung ist hier bei den neuen nachgelagerten Dienstleistungen zu erwarten. Die Verantwortlichen dieser Branche möchten in Zukunft internetbasierte Dienstleistungen anbieten und dabei Daten erfassen, die für die Entwicklung innovativer Dienstleistungen genutzt werden können.

In der Telekommunikationsbranche sind neue nachgelagerte Dienstleistungen am weitesten vorangeschritten. Für die anderen drei grundlegenden Veränderungen zu Industrie 4.0 findet sich noch ein größeres Potenzial.

5 Strategische Umsetzung von Industrie 4.0

Nachdem nun Empfehlungen für die vier ausgewählten Branchen hinsichtlich einer Fokussierung bei der Umsetzung von Industrie 4.0 gegeben wurden, soll in einem weiteren Punkt das strategische Vorgehen bei der Integration besprochen werden. Mit einer offenen Frage wurden die Experten gebeten zu beschreiben, wie sie bei der Planung und Integration der Industrie 4.0 vorgehen würden. Dabei sollten sie die einzelnen Projektschritte „Projektdefinition, Projektplanung, Projektdurchführung und Kontrolle sowie Projektabschluss“ berücksichtigen [Ritt15].

5.1 Definition und Planung

Die Experten stimmten grundsätzlich darin überein, dass Industrie 4.0 sehr viel mehr ist als nur ein einzelnes Projekt, nämlich ein komplexer Strukturwandel. Bei der Umsetzung handelt es sich um die Steuerung eines iterativen Prozesses. Manche beurteilen es als eine „Never Ending Story“. Viele sehen den Übergang von der Industrie 3.0 zur Industrie 4.0 als eine Art Evolution.

Der grundlegende Unterschied im Vergleich zur Entstehung der Industrie 3.0 ist die Fokussierung auf die Definition und Planung der Prozesse. Viele der Befragten sahen es als erforderlich

an, dass sich dafür zunächst ein Kernteam aus dem Top-Management zusammen finden müsse. Dieses sollte bereichsübergreifend aufgestellt sein und eine generelle Entscheidungsbefugnis haben. Die Geschäftsführung sollte dieses Team in allen Bereichen unterstützen.

Auf Grund der Komplexität von Industrie 4.0 ist für die strategische Organisation der Ansatz Enterprise Architecture zu empfehlen. Dies ist „das inhaltliche Fundament für das Management der IT-Landschaft, das Business IT-Alignment und die Weiterentwicklung des Geschäfts“ [Hans13]. Der Ansatz wird bisher vor allem in der IT-Branche verwendet. Er wurde entwickelt, als man feststellte, dass komplexe Systeme entstehen, die man nicht mehr mit herkömmlichen Ansätzen beherrschen kann. Durch die Enterprise Architecture sieht man verschiedene Perspektiven. Wichtige Tools sind dabei das Konzeptmodell, Informationsmodelle oder Applikationsarchitekturen. Da die Digitalisierung Einzug in alle Unternehmen nimmt, wird der Ansatz nun auch für andere Branchen immer bedeutsamer.

Im Rahmen dessen muss das Kernteam zunächst den Ist-Zustand definieren und einen Soll-Zustand festlegen. Der Soll-Zustand kann von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich stark ausgeprägt sein, da möglicherweise nur bestimmte Aspekte von Industrie 4.0 einzuführen sind. Für manche kommt daher möglicherweise der Begriff Industrie 4.0 gar nicht in Frage. Allgemein kann die Soll-Situation beispielsweise „die durchgängige Vernetzung“ bedeuten. Ein erster wichtiger Schritt, die Einführung der Enterprise Architecture inklusive Festlegung der Ist- und der Soll-Situation sowie weiterer Meilensteine, sollte laut Experten bereits nach spätestens einem Jahr erzielt worden sein.

5.2 Durchführung und Kontrolle

Der Soll-Zustand wird anschließend schrittweise erreicht, da die Entwicklung zur Industrie 4.0 ein iterativer Prozess mit zahlreichen einzelnen Prozessschritten ist. Diese können als Teil-Projekte gehandhabt werden und stellen jeweils voneinander unabhängige Monolithe dar. Über die Realisation einzelner wird der Soll-Zustand erreicht. Aus einzelnen Projekten resultieren häufig wieder Folgeprojekte und erforderliche Meilensteine. Auf Grund der Komplexität der Integration von Industrie 4.0, werden manche der einzelnen Projekte auch gleichzeitig stattfinden. Mit der Nutzung der Enterprise Architecture können die Prozessschritte und Änderungen flexibel dokumentiert werden.

Für die Umsetzung der einzelnen Projekte benötigt man stets einen Sponsor sowie einen Kümmerner. Das Kernteam sollte zu Beginn bereits das Budget für die einzelnen Prozessphasen definiert und gesichert haben. Es legt bereits zu Beginn den jeweiligen Sponsor für die einzelnen Projekte fest. Ein Kümmerner, der innerhalb der Einzelprojekte agiert, sollte bereits Erfahrung im Projekt- und wo erforderlich auch Change-Management haben und möglichst aus dem Management stammen. Ein Projekt-Team sollte etwa gemäß der klassischen Projektplanung aus 6 Mitarbeitern bestehen. Dies muss jedoch von Projekt zu Projekt variieren. Wichtige Aufgaben zu Beginn des Prozesses sind laut der Experten beispielsweise das Festlegen von Kommunikationsstandards sowie das Initiieren einer Pilotfabrik. Diese ersten Projekte dauern gemäß den Erfahrungen der Experten etwa 1,5 bis 3 Jahre.

5.3 Abschluss

Der Prozess bis zum Erreichen der für die Umsetzung von Industrie 4.0 festgelegten Soll-Situation kann sich über Jahre erstrecken. Die Experten gehen von einer Dauer von 10 bis 15 Jahren

aus. Somit wird erst in 10 bis 15 Jahren mit einer vollständigen flächendeckenden Integration von Industrie 4.0 zu rechnen sein.

6 Standardisierung als größte Herausforderung

Die Plattform Industrie 4.0 – seit April 2015 unter Leitung von Bundeswirtschaftsminister Gabriel (BMWi) und Bundesforschungsministerin Wanka (BMBF), bestehend aus weiteren Vertretern der Politik, verschiedener Verbände, Gewerkschaften sowie der Wissenschaft – hat in einer Umfrage unter den Mitgliedern die allgemeinen Herausforderungen ermittelt. 153 Teilnehmer sahen die Standardisierung als die größte Aufgabe [KaWH13].

Die Standardisierung ist die „Vereinheitlichung von Erzeugnissen (...) und Erzeugnistteilen (...) und Regelgebundenheit in den Fertigungs- und Verwaltungsabläufen in Unternehmungen“ [BrEn93]. Das Ergebnis der Standardisierung sind Standards. Diese „zeichnen sich dadurch aus, dass sie von einer Vielzahl oder sogar allen Marktteilnehmern (...) als Spezifikation bestimmter Produkte bzw. Systeme akzeptiert werden“ [Klei93, S. 21].

Für Industrie 4.0 hat die Standardisierung einen hohen Stellenwert. Allerdings erschwert die Integration der Kunden in die Wertschöpfungsprozesse und eine damit verbundene Individualisierung der Produktionsprozesse die Standardisierung. Die Unternehmen stehen daher speziell bei Prozessketten vor einem Standardisierungsdilemma [TeHe14]. Das Standardisierungsdilemma beschreibt die Tatsache, dass Prozessketten nur planbar, aber nicht, wie beispielsweise die Größe einer Schraube, bestimmbar sind. Ein zeitlicher Ablauf ist zwar planbar, aber dennoch unbestimmt [TeHe14].

In diesem Zusammenhang gewinnt die echtzeitfähige Vernetzung durch ein autonomes Cyber-Physical System (CPS) an Bedeutung [TeHe14]. Denn es ermöglicht eine dezentrale und autonome Kollaboration zwischen den einzelnen Prozessschritten und somit eine durchgängige Prozesskette [TeHe14]. Dazu müssen jedoch ebenfalls Standards festgelegt werden, damit diese echtzeitfähige Vernetzung innerhalb des Unternehmens und auch über Unternehmen hinweg funktioniert.

Auf Basis dieser Ergebnisse sollten die Unternehmen abschätzen, wie sehr sie die Standardisierung als Herausforderung sehen. Die Standardisierung und die offenen Standards stellen bei einem MW von 3,90 und einer STA von 1,24 eine große Herausforderung für die Unternehmen dar (Abbildung 3). 46,7% der Befragten sehen die Standardisierung sogar als eine sehr große Herausforderung (Abbildung 3).

Differenziert man zwischen den einzelnen Branchen, so ist festzustellen, dass die Telekommunikationsbranche die Standardisierung als größte Herausforderung bei der kleinsten STA im Vergleich zu den anderen Branchen sieht. Der MW liegt in diesem Fall bei 4,6, bei einer STA von nur 0,89 [Ritt15]. Dies ist interessant, da sich in der Telekommunikationsbranche bereits am meisten in Bezug auf Industrie 4.0 verändert hat [Ritt15]. Auch die Automobilbranche, die ebenfalls angibt, sich in manchen Bereichen schon weit mehr entwickelt zu haben, sieht die Standardisierung als eine größere Herausforderung als die Maschinen- und Anlagenbaubranche oder die Elektrotechnikbranche. Ihr MW liegt bei 4,22, bei einer STA von 1,09 [Ritt15]. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Standardisierung eine sehr große Herausforderung darstellt, der man sich in Zukunft zielgerichtet stellen muss.

Frage: Worin sehen Sie die Herausforderungen und Probleme bei der Umsetzung der Industrie 4.0-Aktivitäten?

Gesamte Stichprobenmenge

Standardisierung und offene Standards

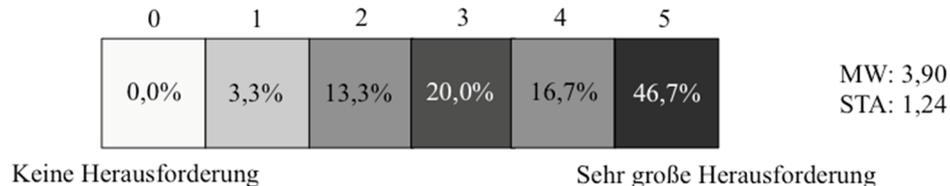


Abb. 3: Herausforderung der Standardisierung und der offenen Standards

7 Die Rolle von Open Innovation und Open Source

Die Unternehmen sind sich daher bei einem MW von 4,6 und einer STA von nur 0,5 einig, dass in Zukunft eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschung, Industrie und Normung notwendig ist [Ritt15]. Nur dann sei die Herausforderung der Standardisierung zu meistern. In diesem Zusammenhang wurden die Unternehmen auch zur Rolle von Open Innovation und Open Source befragt.

7.1 Open Innovation

Open Innovation ist „die Öffnung des Innovationsprozesses und aktive strategische Nutzung der Außenwelt zur Vergrößerung des eigenen Innovationspotenzials“ [Ches03 in GaEn06, S. 132]. Die Unternehmen sind größtenteils bei einem MW von 3,52 davon überzeugt, dass Innovationsplattformen im Zuge der Umsetzung von Industrie 4.0 notwendig sind [Ritt15]. Ebenfalls glauben die meisten, dass diese in Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen einer Industrie gegründet werden sollten [Ritt15]. Dieses Ergebnis zeigt, wie sinnvoll die bereits initiierte Plattform Industrie 4.0 ist, auf der aktuell verschiedene Verbände gemeinsam versuchen Standards zu entwickeln. Dennoch zeigt die große STA von 1,53, dass bei vielen Unternehmen Bedenken bezüglich einer Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen bestehen. Ein Grund dafür liegt möglicherweise in der Frage nach der Gewährleistung des Schutzes von Daten und Know-how.

Kritisch sehen die Befragten auch, inwieweit Innovationen einer Plattform für die Allgemeinheit nutzbar gemacht werden sollten [Ritt15]. Der MW von 2,39 spiegelt gut den Zwiespalt wider, dass Unternehmen zwar gern Zugang zu diesen Innovationen hätten, selbst aber ungern Innovationen an andere herausgeben. Demzufolge kann man davon ausgehen, dass auch in Zukunft verschiedene Unternehmen gemeinsam über speziell für Industrie 4.0 initiierte Innovationsplattformen die notwendigen Voraussetzungen schaffen werden. Diese stehen dann allerdings nicht ohne weiteres allen Unternehmen zur Verfügung.

Auch bei der Plattform Industrie 4.0 wird sehr stark darauf Wert gelegt, dass ausschließlich deutsche Unternehmen an der Entwicklung dieser Standards beteiligt sind. Auf Grund dieses Alleingangs erfährt Deutschland mittlerweile auch Kritik durch die EU. Die EU-Kommissarin Bienkowaska warnt davor, dass der europäische Markt noch weiter zersplittert, wenn beispielsweise Standards nur auf nationaler Ebene entwickelt werden [Spie15]. Demnach sollte man

zukünftig noch einmal stärker hinterfragen, wie der optimale Weg hin zur Industrie 4.0 gemeistert werden kann. Es muss deutlich gemacht werden, wo die Grenzen gemeinsamer Standards liegen, wer beim Entwickeln der Standards mitwirken sollte und wer darauf Zugriff haben darf. Dabei sollte stets an die Idee einer ganzheitlichen Vernetzung gedacht werden – und das bedeutet in der heutigen globalisierten Welt auch über Landesgrenzen hinweg. Denn ein Trend hin zur Verlagerung der Produktion in das Ausland ist weiterhin laut der befragten Unternehmen gegeben [Ritt15].

7.2 Open Source

Gegenwärtig spielt Open Source Software eine weitere wichtige Rolle. Open Source wird ein Programmcode genannt, der frei zugänglich ist und von jedem genutzt, verändert und verbessert werden darf [HiKr03]. Die Entwicklung und Nutzung von Open Source Software hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, insbesondere in Zusammenhang mit dem Cloud Computing [Strah12].

Cloud Computing ist „ein Modell für einen allgegenwärtigen, einfachen On-Demand-Netzwerkzugriff auf einen geteilten Pool von konfigurierbaren IT-Ressourcen“ [Strah12, S.38]. Der Zugriff auf diese Ressourcen findet über eine Cloud-Management-Plattform statt. Ebenso wie Open-Innovation-Plattformen dienen Cloud-Management-Plattformen dem „Aufbau und (...) [der] Verwaltung von (...) Architekturen“ [Strah12, S.38]. Die Architektur dieser Plattformen hat meistens eine *monolithische* Struktur [GeBr12]. Die Plattform besteht aus einer gemeinsamen Datenbasis und alle Systemkomponenten weisen eine einheitliche Struktur auf [SLSK06].

Das Cyber-Physical System (CPS) hingegen ist heterogen [GeBr12]. Das bedeutet, dass uneinheitliche Elemente miteinander über Kommunikationsserver verbunden werden [SLSK06]. Demnach enthält ein CPS neben Cloud Computing auch Elemente wie eingesetzte Hardware oder andere Mikroelemente [GeBr12]. Strukturen eines CPS sind in ihrer Gesamtheit somit deutlich komplexer. Daher ist auch speziell Open Source ein zu berücksichtigender Aspekt für Industrie 4.0.

Auch in Zukunft wird ihre Bedeutung laut der Datenerhebung weiter zunehmen [Ritt15]. Insbesondere die Telekommunikationsindustrie stimmt dieser Aussage bei einem MW von 3,80 grundsätzlich zu [Ritt15]. Dabei nimmt Open Source Software für die Telekommunikationsbranche in der Unternehmenspraxis bei einem MW von 3,4 größtenteils eine wichtige Rolle ein [Ritt15]. Betrachtet man die gesamte Stichprobenmenge, so unterscheiden sich die Ansichten der befragten Unternehmen stark. Die aktuelle Rolle von Open Source in der Unternehmenspraxis reicht von „Trifft gar nicht zu“ bis „Trifft voll zu“. Der MW liegt daher bei 2,32, bei einer STA von 1,47 [Ritt15].

Frage: Sind Sicherheit und Schutz von Daten und Wissen bei der Nutzung von Open Source Software gewährleistet?

Gesamte Stichprobenmenge

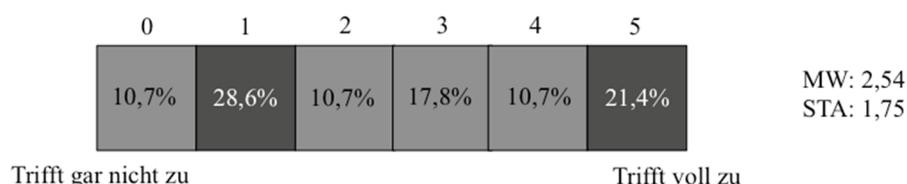


Abb. 4: Sicherheit und Schutz von Daten und Wissen bei der Nutzung von Open Source Software

Interessant sind vor allem auch die sehr unterschiedlichen Meinungen zur Sicherheit und zum Schutz von Daten und Wissen bei der Nutzung von Open Source Software. Die Hälfte der Befragten ist der Meinung, dass Sicherheit und Schutz von Wissen und Daten bei der Nutzung nicht oder geringfügig gewährleistet sind (Abbildung 4). Dies sei darauf zurückzuführen, dass zunächst die Software für jeden zugänglich ist und somit ein Hacker beispielsweise die gesamte Architektur der Software sofort kennt [HoJa07]. Die andere Hälfte der Befragten folgt der Ansicht des Bundesministeriums für Sicherheit und Informationstechnik: Open Source Software garantiere langfristig mehr Sicherheit als Closed Source Software. Diese Meinung hat sich ebenfalls in der Wissenschaft durchgesetzt [HoJa07].

Untersucht man die einzelnen Branchen, so befinden sich die MW der Telekommunikations- sowie der Maschinen- und Anlagenbaubranche über dem MW von 2,54 und die der Automobil- und Elektrotechnikbranche unterhalb des Gesamt-MW [Ritt15]. In allen Branchen sind jedoch die STA mit Werten zwischen 1,48 und 1,99 sehr hoch [Ritt15]. Die Telekommunikationsbranche weist jedoch den größten MW mit der kleinsten STA auf. Das kann darauf zurückzuführen sein, dass Open Source Software häufig in der Telekommunikationsbranche eingesetzt wird und der Sicherheitsaspekt in der Regel im Vorfeld geprüft wird.

8 Ausblick

Das vierte industrielle Zeitalter bietet Chancen, stellt jedoch Unternehmen zugleich vor große Herausforderungen. Die durchgängige und digitalisierte Vernetzung bringt einen komplexen Wandel mit sich, dem man sich in Zukunft bewusst stellen sollte.

Bei der Umsetzung werden die Unternehmen auf verschiedene Herausforderungen stoßen. Zwar konnten wichtige Aspekte und Veränderungen durch Industrie 4.0 herausgearbeitet werden, doch die Art und Weise, wie man deren verschiedene Ziele erreicht und die Frage, wie die Veränderungen im Detail aussehen sollten, stellen die Unternehmen noch vor umfangreiche Aufgaben. Der wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 hat in dem Report „Industrie 4.0 Whitepaper FuE Themen“ genauere Forschungsfelder definiert [WiBe14]. Diese gilt es in Zukunft zu bearbeiten. Speziell die Herausforderung der Standardisierung muss von den Unternehmen in Zukunft gemeistert werden,

Daher müssen auch die Themen Open Innovation und Open Source künftig vertieft betrachtet werden. Denn die Auswertung hat gezeigt, dass Unternehmen davon überzeugt sind, dass beide für Industrie 4.0 und die Standardisierung eine wichtige Rolle spielen. Dennoch sind die Unternehmen hier besonders mit Blick auf den Datenschutz gespalten.

Experten sind sich allerdings einig, dass Deutschland Vorreiter für Industrie 4.0 werden muss, einerseits als Leitanbieter, andererseits als Leitmarkt [SGH+13].

Literatur

- [BaBE03] N. Bach; W. Buchholz; B. Eichler: Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke - Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen. In: N. Bach; W. Buchholz; B. Eichler: Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke, 2003, 1-20.
- [BrEn93] Brockhaus Enzyklopädie: Brockhaus Enzyklopädie Jahrbücher. 1. Auflage. Brockhaus 1993.

- [Ches03] H. Chesbrough: Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. In: Harvard Business Press, Boston 2003.
- [GaEn06] O. Gassmann; E. Enkel: Open innovation. In: zfo Wissen, 3(75), 2006, 132-138.
- [GeBr12] E. Geisberger; M. Broy: AgendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer-Verlag 2012.
- [Hans13] I. Hanschke: Strategisches Management der IT-Landschaft: Ein praktischer Leitfaden für das Enterprise Architecture Management. 3. Auflage. Carl Hanser Verlag 2013.
- [HiKr03] E. von Hippel; G. von Krogh: Open Source Software and the 'Private-Collective' Innovation Model: Issues for Organization Science. In: Organization Science, 14(2), 2003, 209-223.
- [HoJa07] J.H. Hoepman; B. Jacobs: INCREASED SECURITY Through Open Source. In: Communications of the ACM, 50(1), 2007, 79-83.
- [Joha93] G. Johannsen: Mensch-Maschine-Systeme, 1. Auflage, Springer-Verlag 1993.
- [JVL+13] S. Jeschke; R. Vossen; I. Leisten; F. Welter; S. Fleischer; T. Thiele: Eröffnungsbeitrag - Industrie 4.0 als Treiber der demografischen Chancen, Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel. In: Demografietagung des BMBF im Wissenschaftsjahr, 2013, 9-20.
- [Jung06] C. Jung: Anforderungsklä rung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung, In: Lehrstuhl für Produktentwicklung, Working Paper, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, 2006.
- [KaWH13] H. Kagermann; W. Wahlster; J. Helbig: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftprojekt Industrie 4.0. In: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013.
- [Klei93] M. Kleinaltenkamp: Standardisierung und Marktprozess: Entwicklungen und Auswirkungen im CIM-Bereich. Gabler Verlag 1993.
- [Kögl15] D. J. Kögler: Hannover Messe 2015: Die Revolution beginnt in Hannover, Pressemitteilung, 3. Februar 2015,
<http://www.presseportal.de/pm/13314/2941523/hannover-messe-2015-die-revolution-beginnt-in-hannover>, Zugriff am 09.05.2015.
- [Maye06] H. O. Mayer: Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung. 3. Auflage. Oldenburg Verlag 2006.
- [MeUh12] H. Meier; E. Uhlmann: Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen: Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Springer-Verlag 2012.
- [Nerd11] F. W. Nerdinger: Psychologie der Dienstleistung. 1. Auflage. Hogrefe-Verlag 2011.
- [OsPi02] A. Osterwalder; Y. Pigneur: An eBusiness model ontology for modeling eBusiness. In: BLED 2002 Proceedings, 17-19 Juni 2002, 75-91.

- [ÖsWi03] H. Österle; R. Winter: Business Engineering. In: Business Engineering, 2003, 3-19.
- [RePi06] R. Reichwald; F. Piller: Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. 2. Auflage. Gabler Verlag 2006.
- [Ritt15] A. C. Ritter: Industrie 4.0 und deren Umsetzung – Status und Herausforderungen vier verschiedener Branchen in der Unternehmenspraxis. Bachelorarbeit, Fakultät für Technologie- und Innovationsmanagement, TU München, 2015.
- [Schn79] H. Schnauber: Arbeitswissenschaft. 1. Auflage. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft 1979.
- [Send13] U. Sandler: Industrie 4.0, Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM (Systems Lifecycle Management). In: U. Sandler: Industrie 4.0, Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin/Heidelberg 2013, 1-19.
- [SGH+13] D. Spath; O. Ganschar; S. Gerlach; M. Hämmerle; T. Krause; S. Schlund: Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0. Fraunhofer Verlag 2013.
- [Shah15] M. Shahd: Industrie 4.0 erstmals unter den Top-Themen des Jahres. In: Pressemitteilung, 22. Januar 2015. http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Presseninfo_Hightech-Themen_des_Jahres_22_01_2015_v3.pdf, Zugriff am 09.05.2015.
- [SLSK06] A. Sunyaev; J. M. Leimeister; A. Schweiger; H. Krcmar : Integrationsarchitekturen für das Krankenhaus-Status quo und Zukunftsperspektiven. In: IMC-Information Management Consulting, 21(1), 2006,28-35.
- [Spie15] Spiegel Online: Industrie 4.0: EU-Kommissarin warnt vor nationalen Alleingängen. 15.04.2015. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/industrie-4-0-eu-kommissarin-warnt-vor-nationalen-alleingaengen-a-1028718.html>, Zugriff am: 22.06.2014.
- [Stra12] S. Strahringer: Open Source-Konzepte, Risiken, Trends. In: HMD-Praxis der Wirtschaftsinformatik, 283, dpunkt.verlag 2012.
- [Stra13] S. Strahringer: Geschäftsmodelle der IT-Industrie. In: HMD-Praxis der Wirtschaftsinformatik, 292, dpunkt.verlag 2013.
- [TeHe14] M. Ten Hompel; M. Henke, M.: Logistik 4.0 Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. In: T. Bauernhansl; M. Ten Hompel; B. Vogel-Heuser: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, 2014,615-624.
- [Wint03] R. Winter: Modelle, Techniken und Werkzeuge im Business Engineering. In: Business Engineering, 2003, 87-118.
- [WiBe14] Der Wissenschaftliche Beirat: Industrie 4.0 - Whitepaper FuE-Themen. In: Industrie 4.0 Plattform, 03.04.2015. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Presseinfos___News/ab_2014/Whitepaper_Industrie_4.0.pdf, Zugriff am: 09.05.2015.