

Sommersemester
2017

Bachelorarbeit

Benjamin Heck

Supply Chain Management 4.0 – Anforderungen, Vorteile und
Potenziale der digitalen Transformation im Zeitalter der intelligenten
Vernetzung

Prof. Harald Kopp
Prof. Werner Ruoss

Abstract

Autor: Benjamin Heck

Betreuer: Prof. Harald Kopp, Prof. Werner Ruoss

Semester: Sommersemester 2017

Thema: Supply Chain Management 4.0 – Anforderungen, Vorteile und Potenziale der digitalen Transformation im Zeitalter der intelligenten Vernetzung.

Inhalt: Die Entwicklung zu Industrie 4.0 stellt neue Herausforderungen an alle Bereiche eines Unternehmens. Gerade dem Supply Chain Management werden neue Anforderungen gestellt, um bei der globalen Vernetzung der Supply Chains nicht den Anschluss zu verlieren. Die Vernetzung zu cyber-physischen Systemen erzeugt große Menge an Daten, Big Data, aus denen die richtigen Informationen gewonnen werden sollten. Industrie 4.0 wird auch Einfluss auf den Arbeitsalltag, die Organisation und die Mitarbeiter nehmen. Den enormen Potenzialen stehen Risiken und hohe Investitionen entgegen. Vor allem das Thema Datensicherheit spielt gerade in Deutschland, eine wichtige Rolle. Neue Technologien, wie die Blockchain, stehen noch am Anfang der Entwicklung, werden aber schnell Einfluss auf das industrielle Umfeld und somit auch auf das Supply Chain Management nehmen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Anforderungen, welche an das Supply Chain Management gestellt werden, zu ermitteln und den Potenzialen die Risiken entgegen zu halten. Zudem wird ein Weg aufgezeigt, wie das Supply Chain Management, als Teil der digitalen Transformation eines Unternehmens, die Entwicklung zu Supply Chain Management 4.0 angehen kann.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelor-Thesis selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe angefertigt habe.

Die verwendeten Literaturquellen sind im Literaturverzeichnis vollständig zitiert.

Benjamin Heck
Brigachtal, 12.06.2017

Inhaltsverzeichnis

Abstract

Eidesstattliche Erklärung

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1. Zukunft Industrie 4.0.....	1
1.1 Industrie 4.0 kompakt, Hintergründe und wesentliche Merkmale.....	1
1.1.1 Industrie 4.0.....	2
1.1.2 Merkmale Industrie 4.0.....	3
1.1.3 Cyber-physische Systeme	4
1.1.4 Internationaler Vergleich.....	5
1.2 Supply Chain Management heute	5
1.3 Supply Chain Management morgen	6
1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	7
2. Anforderungen an das SCM 4.0	8
2.1 Daten- und Informationsmanagement	8
2.2 Fördertechnik und Transporteinheiten.....	9
2.2.1 Fördertechnikmodule.....	10
2.2.2 Transporteinheiten.....	10
2.2.2.1 RFID Transponder	10
2.2.2.2 Electronic Product Code - EPC	11
2.2.2.3 Smarte Behälter	11
2.2.3 Softwaredienste	11
2.3 Planung und Steuerung	12
2.4 Mensch	13
2.5 Organisation und Arbeitsplatzgestaltung	14
2.6 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit	15
3. Vorteile, Potenziale und Risiken der digitalen Transformation	16
3.1 Vorteile und Potenziale SCM 4.0	17
3.2 Risiken und Herausforderungen.....	19
3.2.1 IT-Sicherheit des Supply Chain Network.....	20

3.2.2	Datenschutzrecht SCM 4.0.....	21
3.2.3	Notwendige Investitionen SCM 4.0.....	22
4.	Von Industrie 4.0 zu SCM 4.0	24
4.1	Rahmenbedingungen	24
4.2	Der Schlüssel zum Supply Chain Network 4.0	26
4.3	Blockchain	27
4.3.1	Smart Contracts.....	27
4.3.2	Schwachstellen und Risiken	28
4.3.3	Industrielle Anwendbarkeit der Blockchain Technologie	29
4.3.4	Anwendung der Blockchain Technologie im SCM 4.0	31
4.3.5	Anforderungen des SCM 4.0 an die Blockchain Technologie.....	32
5.	Roadmap SCM 4.0	33
5.1	Standortbestimmung	33
5.2	Zielbestimmung & Ideenentwicklung	35
5.3	Umsetzung und Einführung	37
6.	Fazit	39
7.	Literaturverzeichnis	41

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Stufen der industriellen Revolution, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.17	1
Abb. 2 Horizontales Wertschöpfungsnetzwerk, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.26	3
Abb. 3 Durchgängigkeit des Engineerings, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.35.....	3
Abb. 4 Vertikale Integration & vernetzte Produktionssysteme, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.36	4
Abb. 5 Vernetzung von Menschen, Objekten und Systemen, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.28.....	5
Abb. 6 Mehrwert Industrie 4.0, eigene Darstellung vgl. (Schlund, Hämmerle, & Strölin, 2014)S.18	6
Abb. 7 Prozesssteuerung Industrie 4.0, Quelle (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014)S.620.....	12
Abb. 8 Wachstumschancen durch Industrie 4.0, Quelle (Dream Car Bericht, 2015) S.17.....	16
Abb. 9 Positive Auswirkungen der Digitalisierung auf die SC, eig. Darstellung vgl. (European A.T.Kearney/WHU Logistics Study, 2015) S.13	18
Abb. 10 Auswirkungen der Digitalisierung auf den Personalstand, Quelle (European A.T.Kearney/WHU Logistics Study, 2015) S.14.....	19
Abb. 11 Notwendigkeit der Verbesserung der Supply Chains, eig. Darstellung vgl. (Zillmann, 2016) S.12....	19
Abb. 12 Supply Chain Risiken der Industrie 4.0, eig. Darstellung vgl. (Hrsg., Kersten, Koller, & Lödding, 2014) S.114.....	20
Abb. 13 Industrie 4.0 Investitionen, eig. Darstellung vgl. (PricewaterhouseCoopers, 2014) S.13.....	23
Abb. 14 Transformation zu dynamischen Supply Chain Networks, Quelle (Zillmann, 2016).....	24
Abb. 15 Vergleich Internetgeschwindigkeit, Quelle (Statista.com, 2017)	25
Abb. 16 A world of many blockchain networks, Quelle (Hyperledger Project, 2016) S.3.....	29
Abb. 17 Netzarchitektur IBM Blockchain, Quelle (IBM Blockchain Netzarchitektur, 2016).....	31
Abb. 18 Reifegradmodell SCM 4.0, abgewandelt nach. (Kaufmann, 2015) S.32.....	35
Abb. 19 Canvas Business Modell, Quelle (Strategyzer.com, 2017) SCN=Supply Chain Network	36
Abb. 20 7-stufiger Einführungsprozess SCM 4.0, abgewandelt nach (Fraunhofer-IPA, 2014)	37

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begriff
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BITKOM	Bundesverband Informationstechnik und Kommunikation
BSI	Bundesamt für Sicherheit
CIO	Chief Information Officer
CPLS	Cyber-Physisches Logistiksystem
CPPS	Cyber-Physisches Produktionssystem
CPS	Cyber-Physisches System
DAO	Decentralized autonomous organization
EPC	Electronic Product Code
ERP	Enterprise Ressource Planning
EU	Europäische Union
GDP	Gross Domestic Product
GPS	Global Positioning System
IIAR	Industrial Internet Architecture Reference
ONS	Object Naming Service
RAMI4.0	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
RFID	Radio Frequency Identification
SCM	Supply Chain Management
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer
ZVEI	Zentralverband für Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

1. Zukunft Industrie 4.0

Die Zukunft des Industriestandortes Deutschland wird maßgeblich geprägt werden vom digitalen Wandel. In der Vergangenheit haben andere Länder stärker als Deutschland auf die Entwicklung hin zur Dienstleistungsgesellschaft gesetzt. Der Anteil der Industrie an der Bruttowertschöpfung lag 2015 bei 22,6 Prozent und ist seit 20 Jahren nahezu konstant. In der EU insgesamt liegt er bei 15,5 Prozent und bei wichtigen Industrieländern wie Frankreich (11,3%) oder Großbritannien (10,3%) sogar noch deutlich darunter.¹ Deutschland ist also mehr als andere Länder auf Innovation und Effizienzsteigerung angewiesen, kann dadurch aber auch deutlich mehr profitieren. Als einer der weltweit führenden Industrieausrüster wird es notwendig sein, Innovations- und Technologieführer zu bleiben.

1.1 Industrie 4.0 kompakt, Hintergründe und wesentliche Merkmale

Den Beginn der industriellen Revolution markiert die Erfindung und Nutzung der Dampfmaschine Ende des 18. Jahrhunderts. Mit ihr konnten mechanische Produktionsanlagen mit Hilfe von Wasser- und Dampfkraft betrieben werden. Dies wirkte sich auch massiv auf das gesellschaftliche Leben aus.

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts und der flächendeckenden Stromversorgung begann die 2. industrielle Revolution. Wesentliches Merkmal war zudem die Einführung der Fließbandfertigung. Bekanntestes Beispiel ist Henry Ford und die Produktion des T Modells. Durch die Umstellung auf Fließbandfertigung konnte die Produktion verachtfacht und der Preis für ein Auto um mehr als die Hälfte reduziert werden.² Zudem verdoppelte Henry Ford den Lohn seiner Mitarbeiter, auf damals 5\$ pro Tag, und er führte die 5 Tage Woche ein.³

Anfang der 70er Jahre leitete die Erfindung des Computers die 3. industrielle Revolution ein, die bis in die Gegenwart andauert. Durch zunehmenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien werden Produktionsprozesse automatisiert und optimiert.

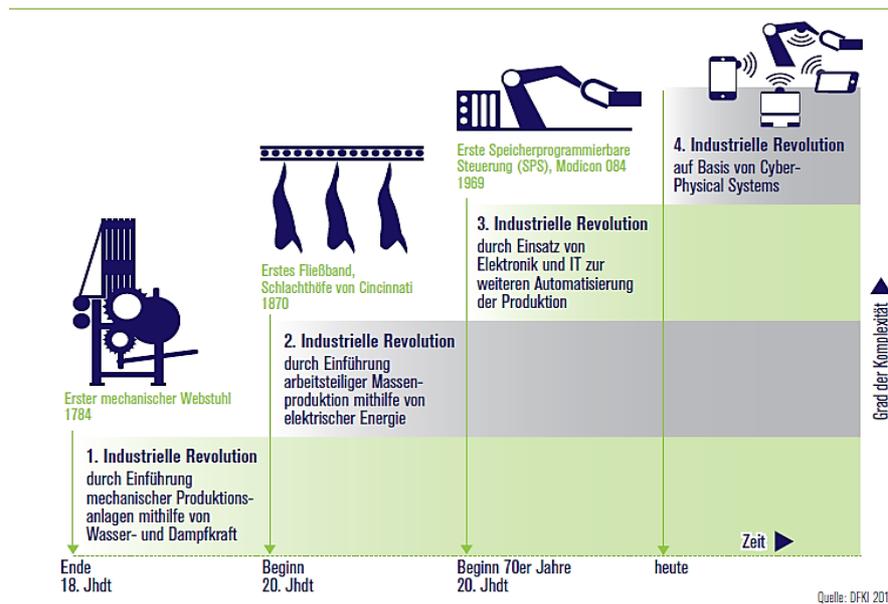


Abb. 1 Stufen der industriellen Revolution, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.17

¹ Vgl. (Bmwi, 2017).

² Vgl. (wikipedia.org, 2017).

³ Vgl. (henry-ford.net, 2017).

Wesentliche Merkmale der 4. Industriellen Revolution werden das Internet der Dinge und die intelligente Vernetzung innerhalb der Wertschöpfungskette mit Hilfe von cyber-physischen Systemen (CPS) sein.

Ein cyber-physisches System verknüpft reale (physische) Objekte und Prozesse mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen in offenen, teilweise globalen und jederzeit miteinander verbundenen Informationsnetzen.⁴

1.1.1 Industrie 4.0

Anfang 2011 wurde der Begriff Industrie 4.0 durch die Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft auf der Hannover Messe der Öffentlichkeit präsentiert. Der von ihr initiierte Arbeitskreis 4.0 erstellte einen Bericht mit Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Der Arbeitskreis setzte sich zusammen aus Experten der Praxis, Wissenschaft und Verbänden. 2013 wurde der Abschlussbericht Bundeskanzlerin Angela Merkel übergeben. Zur selben Zeit gründeten die Verbände BITKOM, VDMA und ZVEI die Plattform Industrie 4.0, um das Projekt fortzuführen und weiter zu entwickeln.⁵ Im April 2015 veröffentlichte die Plattform den Bericht „Umstrategie Industrie 4.0“. Im Rahmen des Berichts wurde eine Definition für den Begriff „Industrie 4.0“ formuliert, auf den sich diese Arbeit beziehen wird.

„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.

Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.“⁶

⁴ Vgl. (VDI/VDE, 2015) S.20.

⁵ Vgl. (Plattform-i40.de, 2017).

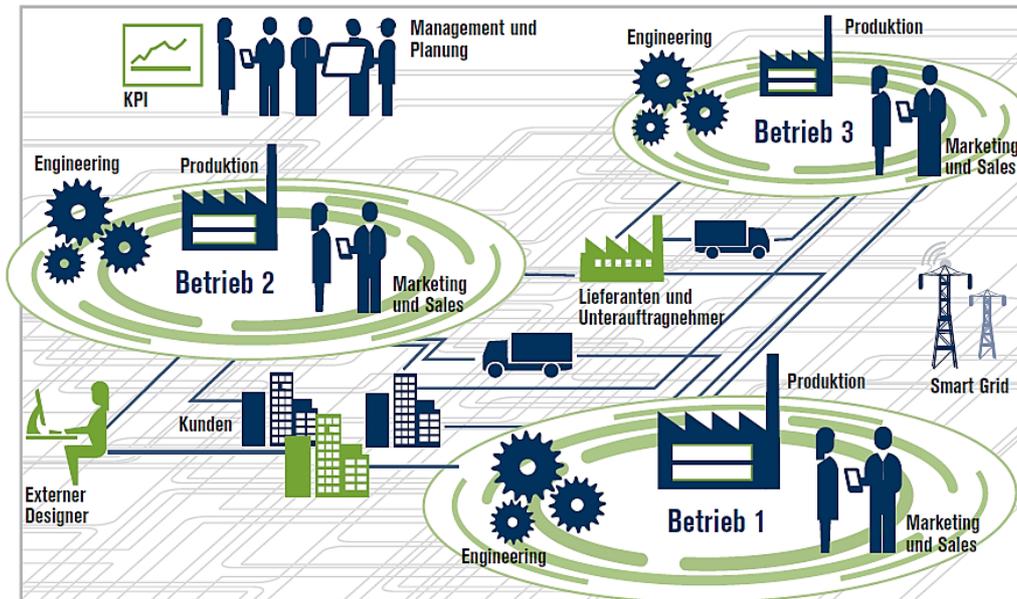
⁶ (Plattform-Industrie-4.0, 2015) S.8.

1.1.2 Merkmale Industrie 4.0⁷

Es wurden drei wesentliche Merkmale der Industrie 4.0 identifiziert.

1. Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke

Die Vernetzung aller Prozesse und Integration der IT-Systeme innerhalb einer Wertschöpfungskette, auch unternehmensübergreifend, zu einem Wertschöpfungsnetzwerk.



Quelle: Hewlett-Packard 2013

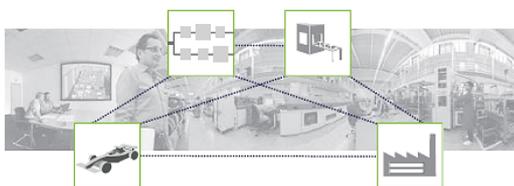
Abb. 2 Horizontales Wertschöpfungsnetzwerk, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.26

2. Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette

Virtuelle Abbildung und Vernetzung des gesamten Produktlebenszyklus und Einbeziehung von Kundenanforderungen. Jedem realem Objekt steht ein digitales Abbild gegenüber.

Heute

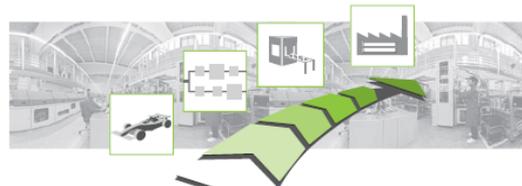
Umfangreiche Schnittstellen zwischen unterstützenden IT-Systemen



Quelle: Siemens 2013

Morgen

Durchgängiges System-Engineering über die gesamte Wertschöpfungskette



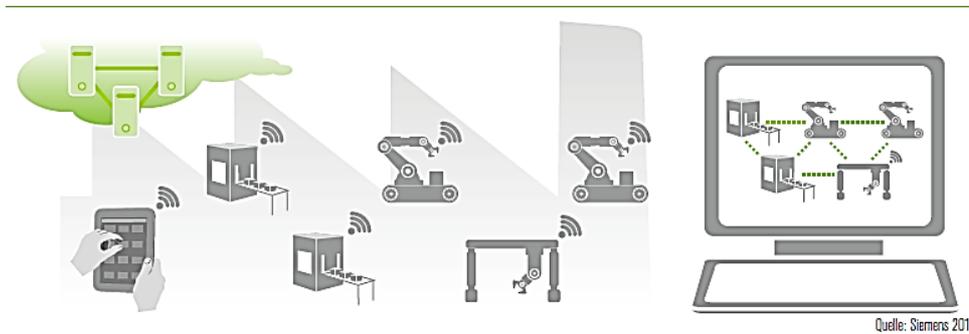
Quelle: Siemens 2013

Abb. 3 Durchgängigkeit des Engineerings, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.35

⁷ Vgl. (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.35-36.

3. Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme

Die Integration und Vernetzung verschiedener IT-Systeme auf unterschiedlichen Hierarchieebenen eines Produktionssystems zu einer durchgängigen Lösung.⁸



Quelle: Siemens 2012

Abb. 4 Vertikale Integration & vernetzte Produktionssysteme, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.36

1.1.3 Cyber-physische Systeme

Möglich wird die Integration und Vernetzung durch cyber-physische Systeme, sie verbinden die virtuelle mit der realen Welt. In der Produktion wird von cyber-physischen Produktionssystemen (CPPS) gesprochen. Diese umfassen Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel, die ständig Informationen austauschen und verarbeiten. So entstehen intelligent vernetzte Fabriken und Wertschöpfungsnetzwerke, die flexibler, effizienter und kundenorientierter produzieren können. Grundsätzlich können cyber-physische Systeme auch außerhalb der Produktion Anwendung finden.⁹ In der Logistik wird von cyber-physischen Logistik Systemen (CPLS) gesprochen.

Die dezentrale Steuerung macht es notwendig, dass alle Komponenten eines solchen Wertschöpfungsnetzwerks die Fähigkeit besitzen, jederzeit in Echtzeit miteinander zu kommunizieren. Dies geschieht z.B. über Sensoren, welche eingebettet in Computersystemen der Anlagen und Maschinen sind, oder RFID-Chips, welche Daten von Produktionsmitteln und Transporteinheiten übertragen. So entsteht ein Netzwerk, das jederzeit in Echtzeit alle möglichen Daten verarbeitet und sich selbst steuern und organisieren kann.

Dem Internet und einer stabilen und sicheren Netzwerkstruktur kommt eine wesentliche Bedeutung zu, da die Datenverfügbarkeit Grundvoraussetzung ist für das Funktionieren eines solchen Wertschöpfungsnetzwerks. Die durchgängige Versorgung mit Breitbandnetzen ist, gerade in Deutschland, noch nicht flächendeckend vorhanden.

Durch den intensiven Datenaustausch, auch über Unternehmensgrenzen hinaus, spielt die Qualität, Sicherheit und Authentizität der Daten eine entscheidende Rolle, um Vertrauen und Akzeptanz der beteiligten Akteure in das Wertschöpfungsnetzwerk zu erhalten. In einer von der Ingenics AG in Auftrag gegebenen Studie, in der 518 Produktionsverantwortliche befragt wurden, gaben 72% an, dass zuerst massive Investitionen in die Datenqualität getätigt werden müssen, bevor Potenziale in Zusammenhang mit Industrie 4.0 gehoben werden können.¹⁰

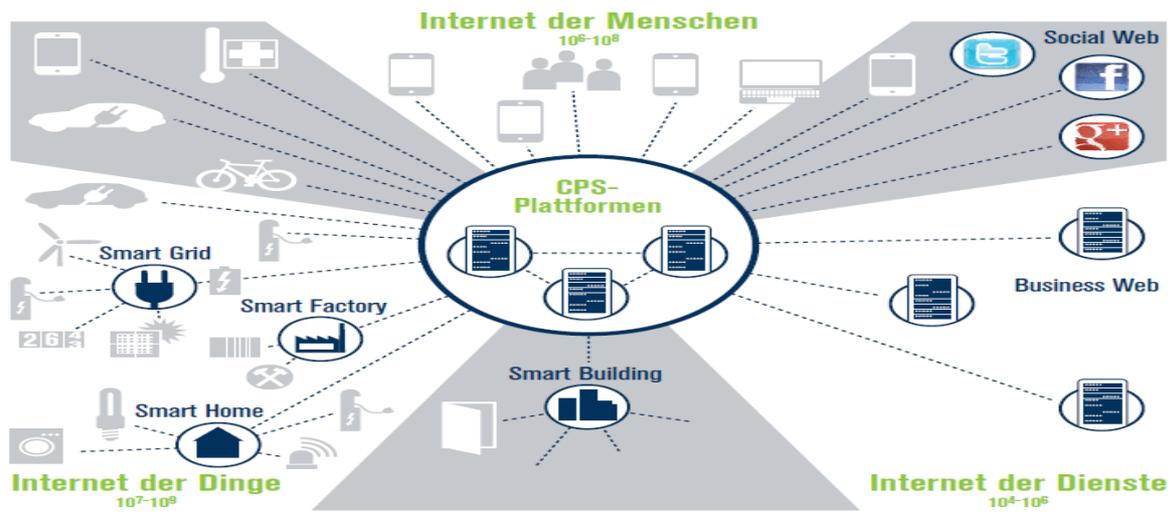
Es werden CPS-Plattformen entstehen, die weit über ein Unternehmen hinaus Menschen, Objekte und Systeme durch Anwendungen und Dienste miteinander vernetzen. Diese CPS-Plattformen werden auf die Unterstützung kollaborativer, industrieller Geschäftsprozesse rund um die Smart Factory und den Produktlebenszyklus der Smart Products zugeschnitten sein.¹¹

⁸ Vgl. (Plattform-Industrie-4.0, 2015) S.26.

⁹ Vgl. (Dream Car Bericht, 2015) S.10.

¹⁰ Vgl. (Schlund, Hämmerle, & Strölin, 2014) S.12.

¹¹ Vgl. (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.28.



Quelle: Bosch Software Innovations 2012

Abb. 5 Vernetzung von Menschen, Objekten und Systemen, Quelle (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.28

1.1.4 Internationaler Vergleich

In den USA wird der Begriff „Industrial Internet“ verwendet. Im Prinzip wird darunter dasselbe verstanden wie in Deutschland unter Industrie 4.0. General Electric und Accenture beschreiben das Industrial Internet als „...the tight integration of the physical and digital worlds. The Industrial Internet enables companies to use sensors, software, machine-to-machine learning and other technologies to gather and analyze data from physical objects or other large data streams and then use those analyses to manage operations and in some cases to offer new, value-added services.“¹²

Im März 2014 gründeten AT&T, Cisco, General Electric, Intel und IBM das „Industrial Internet Consortium“, um ähnlich der „Plattform Industrie 4.0“ eine Plattform einzurichten, mittels der Innovations- und Forschungsbedarf ermittelt und Kompetenzen gebündelt werden können. Beide Plattformen sind eine Kooperation eingegangen, um Synergien zu generieren und zu nutzen und die Herausforderungen aus beiden Perspektiven zu betrachten.

1.2 Supply Chain Management heute

Supply Chain Management (SCM) spielt heute eine wichtige Rolle in Unternehmen. Durch die Globalisierung ist es für Unternehmen entscheidend, die Wertschöpfungsketten effektiv, effizient und flexibel zu gestalten. Durch immer kürzere Produktlebenszyklen und schwankende Nachfragen am Markt sind Unternehmen gezwungen, kurzfristig auf Situationen zu reagieren, um Ressourcen und Material optimal einzusetzen.

Das SCM hat schon heute die Aufgabe, Wertschöpfungsketten unternehmensübergreifend zu entwickeln, gestalten und zu steuern, angefangen vom Rohstofflieferant bis hin zum Endverbraucher. In dieser Arbeit wird SCM mit direktem Bezug zur betriebswirtschaftlichen Logistikdefinition von Göpfert betrachtet.

„Die Logistik ist eine moderne Führungskonzeption zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter, Informations-, Geld- und Finanzflüsse) in unternehmensweiten und unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen.“¹³

¹² (GE; Accenture, 2014) S.7.

¹³ (Göpfert, 2013) S.22.

Darauf aufbauend definiert Göpfert SCM als „...moderne Konzeption für Unternehmensnetzwerke zur Erschließung unternehmensübergreifender Erfolgspotenziale mittels der Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Güter-, Informations-, Geld- und Finanzflüsse.“¹⁴

Die Aufgaben des SCM sind also vielfältig und unterliegen Interessenskonflikten, die durch die jeweils eigenen Unternehmensinteressen der beteiligten Akteure einer Supply Chain entstehen. Diese Konflikte zu lösen und in einem Gesamtkonzept auf die Strategie auszurichten ist ebenfalls Aufgabe des SCM.

1.3 Supply Chain Management morgen

Je mehr Informationen über eine Supply Chain und deren Einflussfaktoren vorliegen, desto besser lässt sie sich gestalten, planen und steuern. Bestenfalls kann schon im Vorfeld auf veränderte Marktsituationen reagiert werden. Das Internet hat die Möglichkeiten des weltweiten Datenaustauschs revolutioniert und ist für den Informationsfluss unentbehrlich geworden. Es stehen bereits heute Unmengen an Informationen zur Verfügung, die nach Relevanz sortiert und verarbeitet werden müssen. Das SCM hat unter anderem die Aufgabe, die für die Supply Chain notwendigen Daten zu erheben, auszuwerten und entsprechende Strategien und Aktionen abzuleiten.

Die Entwicklung zu Industrie 4.0 wird diese Datenmengen nochmals vervielfachen. Supply Chains (Wertschöpfungsketten) werden sich zu **Supply Chain Networks** (Wertschöpfungsnetzwerken) entwickeln und eine sehr große Datenmenge erzeugen. Informationen zu Produktionsständen, Mengen, Qualität, Lieferstatus, Absatzmengen, Preisen usw. werden in Echtzeit zur Verfügung stehen. Das wird neue Möglichkeiten der Gestaltung, Planung und Steuerung in allen Phasen eines Produktlebenszyklus eröffnen, aber auch neue Techniken und Strategien erfordern, die Datenmenge sinnvoll zu verarbeiten.

In der bereits genannten Studie der Ingenics AG wird deutlich, dass die Erwartungen zu Effizienzsteigerungen durch Industrie 4.0 gerade im Bereich der horizontalen Integration der Auftragsabwicklung und der gesamten Supply Chain mit 77% bzw. 78% am höchsten sind.¹⁵

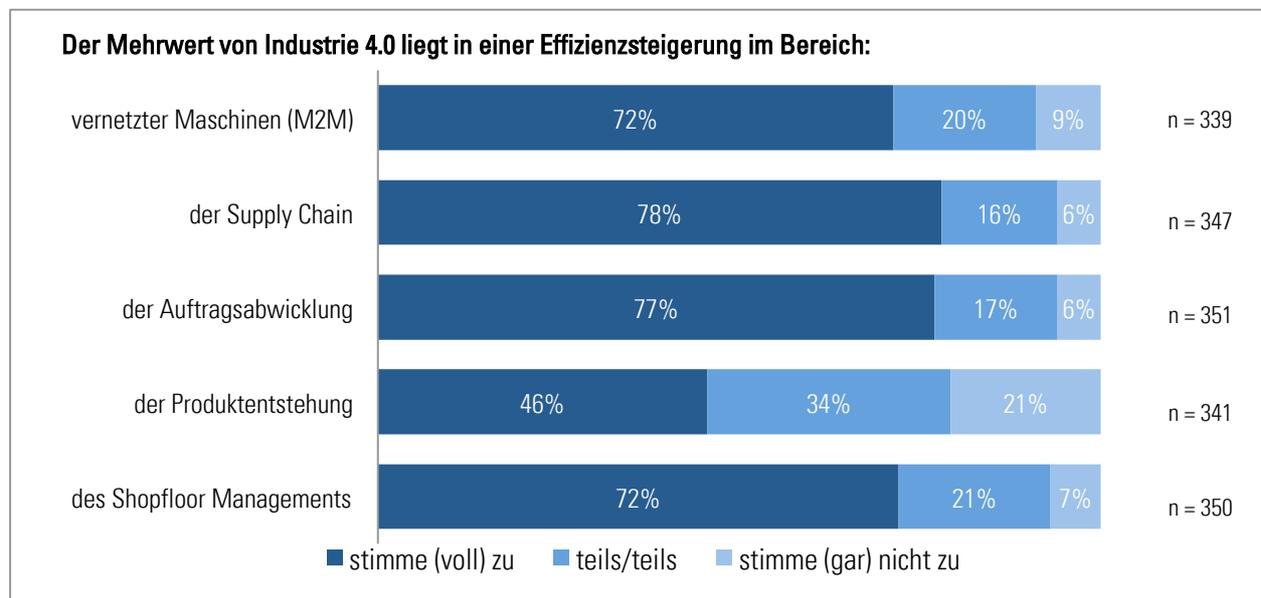


Abb. 6 Mehrwert Industrie 4.0, eigene Darstellung vgl. (Schlund, Hämmerle, & Strölin, 2014)S.18

¹⁴ (Göpfert, 2013) S.32.

¹⁵ Vgl. (Schlund, Hämmerle, & Strölin, 2014) S.18.

1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die digitale Transformation und intelligente Vernetzung, die hinter dem Schlagwort Industrie 4.0 steht, wird tief in bestehende Prozesse eindringen, sie erweitern oder ersetzen. Dabei ist weniger mit einer Revolution, welche sofort radikal alles verändern würde, sondern vielmehr mit einer Evolution hin zu Industrie 4.0 zu rechnen. Das Ergebnis der Entwicklung wird dennoch revolutionär sein. Genau wie bestehende Supply Chains werden Supply Chain Networks durch ein SCM administrativ gestaltet und geleitet werden.

Aufgabe dieser Arbeit ist es, aus Sicht des SCM Vorteile und Potenziale, aber auch Gefahren und Risiken der digitalen Transformation und intelligenten Vernetzung darzustellen, um Akzeptanz und Transparenz für die Entwicklung hin zu Industrie 4.0 zu schaffen.

Industrie 4.0 wird neue Anforderungen an das SCM stellen. Diese Anforderungen sollen erarbeitet und aufgezeigt werden. Zudem soll beschrieben werden, wie die Entwicklung zu SCM 4.0 im Rahmen der Einführung Industrie 4.0 gelingen kann. Dazu soll eine Roadmap vorgestellt werden, die als grober Leitfaden und Rahmen bei der Einführung SCM 4.0 dienen kann.

Ziel der Arbeit soll es sein, einen kompakten Überblick zu geben, was mit Industrie 4.0 auf das SCM zukommt und wie es sich zu SCM 4.0 entwickeln kann.

2. Anforderungen an das SCM 4.0

Die Kernaufgaben des SCM lassen sich als Management von Prozessen rund um die Waren- und Rohstoffverteilung innerhalb einer Supply Chain beschreiben.¹⁶ Daran wird auch die Entwicklung zu Industrie 4.0 nichts grundlegend ändern. Dennoch werden neue Anforderungen an das SCM gestellt werden und das Aufgabengebiet wird sich erweitern. Vor allem dem Daten- und Informationsmanagement wird durch die sehr große Zahl erhobener Daten mittels cyber-physischen Systemen eine entscheidende Bedeutung zukommen. Big Data allein bringt keinen Mehrwert, sondern die Informationen, die man daraus gewinnt. Und diese Informationen gilt es effektiv zu Smart Data zu kombinieren und die richtigen Schlüsse daraus zu ziehen, um konkrete Maßnahmen abzuleiten. Das System wird diese Datenverarbeitung und die daraus resultierende Maßnahmenableitung selbstständig durchführen, der Mensch wird nur noch im Fall einer Störung eingreifen.

2.1 Daten- und Informationsmanagement

In den entstehenden Supply Chain Networks ist das Daten- und Informationsmanagement nicht auf ein Unternehmen beschränkt. Die digitale Vernetzung umschließt alle Beteiligten eines Netzwerkes. Daten sind schon heute ein wertvolles Wirtschaftsgut und werden durch Industrie 4.0 zur strategischen Ressource.

Durch den intensiven Datenaustausch innerhalb eines Supply Chain Networks und der Betrachtung von Daten als strategische Ressource entsteht für Unternehmen ein Zielkonflikt. Einerseits ist der Austausch von Daten Voraussetzung für das Funktionieren von cyber-physischen Systemen, andererseits müssen Daten aufgrund der strategischen Bedeutung geschützt werden. Dieser Konflikt lässt sich durch die Wahrung der digitalen Souveränität lösen, also durch die ausschließliche Selbstbestimmung der Unternehmen über das Wirtschaftsgut Daten. Digitale Souveränität äußert sich in der Balance zwischen dem Schutzbedürfnis und der gemeinsamen Nutzung von Daten in Supply Chain Networks.¹⁷

Einen interessanten Lösungsansatz bietet der **Industrial Data Space**.

„Der Industrial Data Space ist ein virtueller Datenraum, der den sicheren Austausch von Daten und die einfache Verknüpfung von Daten in Geschäftsökosystemen auf Basis von Standards und mit Hilfe gemeinschaftlicher Governance-Modelle unterstützt. Der Industrial Data Space wahrt die digitale Souveränität der Eigentümer der Daten und bildet zugleich die Basis für smarte Services und innovative Geschäftsprozesse.“¹⁸

Die Daten werden nur auf Anfrage von vertrauenswürdigen, zertifizierten Partnern ausgetauscht. Wesentlich dabei ist, dass die Datenhoheit stets beim Eigentümer verbleibt und er jederzeit die Kontrolle behält.¹⁹

Schlüsselmerkmale des Industrial Data Space sind:²⁰

➤ **Souveränität über die Daten**

Der Dateneigentümer legt die Nutzungs- und Zugriffsbedingungen fest. Diese Informationen werden direkt an die Daten geheftet.

¹⁶ Vgl. (Manzei, Schleupner, & Heinze, 2016) S.54.

¹⁷ Vgl. (Otto B. , 2016) S.5.

¹⁸ (Otto, et al., 2016) S.4.

¹⁹ Vgl. (Industrialdataspace.org, 2017).

²⁰ Vgl. (Otto, et al., 2016) S.13-14.

- **Sicherheit des Datenaustauschs**
Ein Schutzstufenkonzept regelt die Anforderungen an die Sicherheit beim Datenaustausch.
- **Dezentralität und föderale Architektur**
Der Industrial Data Space ist ein alternativer Architekturentwurf im Vergleich zu zentralen Datenhaltungskonzepten einerseits und dezentralen Datennetzwerken andererseits. Die Wahl hängt von wirtschaftlichen Faktoren und dem jeweiligem Anwendungsfall ab.
- **Governance und gemeinschaftliche Spielregeln**
Rechte und Pflichten zur gemeinsamen Datenbewirtschaftung werden gemeinsam entwickelt.
- **Netzwerk aus Plattform und Diensten**
Industrial Data Space verbindet Datengeber und Nutzer und stellt Datendienste verschiedener Anbieter zur Verfügung.
- **Skalierung und Netzwerkeffekte**
Industrial Data Space stellt Dienste zum sicheren Austausch von Daten bereit.
- **Offenheit**
Neutral und Anwendergetrieben.
- **Vertrauensschutz**
Zertifizierte Teilnehmer.

Der Industrial Data Space bietet Unternehmen somit eine Möglichkeit der unternehmensübergreifenden Vernetzung zu Supply Chain Networks, ohne die Datenhoheit abzugeben. Davon ausgehend, dass die angeführten Schlüsselmerkmale in dieser oder ähnlichen Form für alle Supply Chain Networks-Strukturen gelten müssen, ergeben sich folgende Anforderungen bezogen auf das SCM 4.0:

- Die Datensouveränität muss gewährleistet werden. Dazu benötigt es ein Nutzungs- und Zugriffsberechtigungskonzept, welches über alle Bereiche erstellt werden muss. Das SCM 4.0 muss entsprechend seinem Verantwortungsbereich ein Konzept erstellen.
- Die Sicherheit der Daten kann über Konzepte wie z.B. den Industrial Data Space gewährleistet werden. Federführend wird bei der Konzepterarbeitung in der Regel die IT sein, das SCM 4.0 muss aber in der Lage sein, Sicherheitslücken zu erkennen und aufzudecken.
- Die durchgehende Datenverfügbarkeit ist notwendig für das Funktionieren eines Supply Chain Networks und muss sichergestellt werden.
- Das SCM 4.0 muss die Prozesse der Data Supply Chain in seinem Einflussbereich so gestalten, dass sie in das übergeordnete Supply Chain Network integriert werden können.

2.2 Fördertechnik und Transporteinheiten

In Supply Chain Networks und den darin integrierten cyber-physischen Systemen müssen Fördermodule und Transporteinheiten vernetzt und in der Lage sein, Informationen untereinander auszutauschen, um sich selbständig organisieren und steuern zu können. Sie müssen sich an veränderte Rahmenbedingungen kurzfristig, aufwandsarm und kostengünstig anpassen, also die durch Industrie 4.0 geforderte Anpassungsfähigkeit erreichen.²¹

²¹ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.299.

2.2.1 Fördertechnikmodule

Fördermodule erfüllen die logistische Funktion des Transportierens, Sortierens oder Lagerns. Sie sind als Dienstleister anzusehen, die dem cyber-physischem System notwendige Funktionen zur Verfügung stellen, um deren Ziele (Missionen) zu erfüllen.²² Um die notwendige Adaptivität zu erreichen, ist die funktionsorientierte Modularisierung der Fördertechnik notwendig. Ziel ist es dabei, Fördermodule mechanisch, energetisch und steuerungstechnisch autark auszustatten, damit sie innerhalb des Systems eigenständig agieren können.²³

Beispiele für solche Innovationen, die bereits den Weg in die Praxis gefunden haben, sind:²⁴

- Shuttlesysteme zur automatischen Lagerung von Behältern und Paletten.
- Modular aufgebaute Förderanlagen, bei denen die Steuerung der Module und das Routing der Transporteinheiten über Softwaredienste des cyber-physischen Systems abgestimmt werden.
- Lagersysteme, bei denen Roboterfahrzeuge die Waren auf Schienensysteme aus- und einlagern.
- Mobile Lagerregale, die direkt zu den Kommissionierarbeitsplätzen kommen.

2.2.2 Transporteinheiten

Transporteinheiten stellen die kleinsten logistischen Einheiten dar und kommen in allen denkbaren Größen vor. Von Containern über Paletten und Behältern bis zu Einzelteilen, um nur einige Beispiele zu nennen.

2.2.2.1 RFID Transponder

Transporteinheiten können mit Radio Frequency Identification (RFID) Transpondern ausgestattet werden. Darüber können auftragsrelevante Informationen und Daten zur Objektidentifizierung über Funkwellen auf kurze Distanz ausgetauscht und gesendet werden. Es gibt passive und aktive Transponder.

Passive Transponder haben keine eigene Stromversorgung und Steuerung. Sie werden durch Signale von außen über die Verbindung mit einem RFID Lese- und Sendegerät aktiviert. Sie besitzen einen Mikrochip mit wenigen Datenbytes und einer Antenne zum Senden und Empfangen von Daten. Sie können sehr klein und flach sein und benötigen somit wenig Platz.²⁵

Aktive Transponder haben eine eigene Energieversorgung und können dadurch mehr Aufgaben übernehmen. Sie sind leistungsfähiger. Sie können Daten über größere Entfernungen senden und empfangen, von mehreren hundert Metern bis zu mehreren Kilometern. Das Lese- und Sendegerät nennt man RFID-Reader. Es sendet Funkwellen, die durch ein elektro-magnetisches Feld den Mikrochip des RFID Transponders aktivieren können. Durch die Übertragung durch Funkwellen ist kein Sichtkontakt notwendig. Die Identifizierung mehrerer Objekte, z.B. auf einer Palette oder in einem Behälter ist so möglich, ohne, wie bei der Verwendung von Barcodes, jedes Objekt einzeln an einem Lesegerät vorbeizuführen. Hier liegt der große Vorteil gegenüber dem Barcode, der immer Sichtkontakt benötigt.²⁶

Da die Technologie mittlerweile soweit fortgeschritten ist, dass diese RFID-Chips sehr klein und kostengünstig sind, können auch Waren, Werkstücke und Güter direkt damit ausgestattet werden. Die so ausgestatteten Transporteinheiten melden drahtlos Daten zu Status und Standort, bieten dazu noch die Möglichkeit der Steuerung, Überwachung, Identifikation, Dokumentation und Autorisierung.²⁷

²² Vgl. (Günthner & ten-Hompel, 2010) S.56.

²³ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.299.

²⁴ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.303-304.

²⁵ Vgl. (Kurbel, 2016) S.511.

²⁶ Vgl. (Kurbel, 2016) S.512.

²⁷ Vgl. (Roth, 2016) D. S.52.

Art und Umfang der Verwendung von RFID Transpondern ist natürlich von Supply Chain zu Supply Chain sehr unterschiedlich. Das SCM 4.0 muss ein Konzept entwickeln und implementieren, das den Anforderungen des Supply Chain Networks, in dem es agiert, gerecht wird.

2.2.2.2 Electronic Product Code - EPC

Die mit RFID Transpondern ausgestatteten Transporteinheiten überschreiten in der Regel mehrere Unternehmensgrenzen. Deshalb ist es wichtig, dass die gespeicherten Daten überall ausgelesen und die Objekte identifiziert werden können.²⁸

Für die dafür notwendige Standardisierung wurde vom Auto-ID Center am Massachusetts Institute of Technology (MIT) ein elektronischer Produktcode (EPC) entwickelt. Er enthält Informationen über Art, Hersteller, Artikel- und Seriennummer eines Objektes. Das Konzept geht dabei davon aus, dass die Informationen über die Produkte nicht an den Objekten selbst, also auf den RFID Transpondern, sondern im Internet, sprich in einer Cloud gespeichert sind. Auf den Transpondern sind also nur Daten zur Identifikation gespeichert. Zu jedem EPC gibt es einen Object Naming Service (ONS), der die zugehörige Adresse im Internet enthält. Über den ONS können alle relevanten Produktinformationen von den Anwendungssystemen abgerufen und weitergeleitet werden.²⁹

Standards, in welcher Form auch immer, sind notwendig, um global die Kommunikation und den Datenaustausch zu ermöglichen. Auch hier muss das SCM 4.0 erörtern, welche Standards verwendet werden sollen oder ggf. vorgegeben sind.

2.2.2.3 Smarte Behälter

Ein zukunftsweisendes Beispiel für einen intelligenten Behälter hat das Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik und der Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der TU Dortmund entwickelt, einen Prototyp namens „inBin“. Dieser intelligente Behälter ist dank innovativer Lösungen wie Energy-Harvester, Energiepuffer, Microprozessoren und Speicher energieautark, kann seine Position genau lokalisieren und kann mit anderen „inBins“ kommunizieren. Er schafft auch die direkte Verbindung zwischen Mensch und dem Internet der Dinge (cyber-physischen Systemen) über ein Grafikdisplay. Durch ein separates Pick-by-Voice Modul wird in Zukunft sogar Sprachkommunikation möglich sein.³⁰ Dieser Behälter zeigt anschaulich, wie das Internet der Dinge physische und virtuelle Objekte vereint.

2.2.3 Softwaredienste

Die konventionelle hierarchisch aufgebaute Steuerung steht dem Ansatz der sich selbst organisierenden Steuerung entgegen, da jede Ebene zentrale Koordinationskomponenten für untergeordnete Komponenten enthält und somit die einzelnen Module auf steuernde Eingriffe von außen angewiesen sind.³¹

Industrie 4.0 fordert ein dezentrales Steuerungskonzept, indem die zu transportierenden Güter selbst die Steuerung innerhalb des Systems übernehmen. Durch das digitale Abbilden und Vernetzen aller Objekte durch cyber-physische Systeme (Internet der Dinge) wird jedes Fördermodul und jede Transporteinheit identifizier- und lokalisierbar innerhalb eines Supply Chain Networks. Die einzelnen Objekte kommunizieren untereinander und werden durch Softwaredienste bei der Koordination über das Internet unterstützt. Die optimale Route wird unter Einbezug aktueller

²⁸ Vgl. (Kurbel, 2016) S.513.

²⁹ Vgl. (Kurbel, 2016) S.514.

³⁰ Vgl. (Fraunhofer, 2017).

³¹ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.299.

Bedingungen berechnet und ständig aktualisiert. Bei auftretenden Störungen oder veränderten Bedarfen werden automatisch und dezentral Routen neu geplant und Objekte umgeleitet.³²

Softwaredienste zur Steuerung und Koordination werden in der Cloud zur Verfügung gestellt und beanspruchen somit keinen Speicher am einzelnen Objekt eines cyber-physischen Systems. Auch die Rechenleistung wird als Ressource in der Cloud zur Verfügung gestellt. Die Hardware an CPS-Objekten kann dadurch deutlich reduziert werden. Das cloudbasierte Steuerungssystem bildet die Grundlage der Kommunikation und Vernetzung in Supply Chain Networks.

2.3 Planung und Steuerung

Die Planung und Steuerung des konventionellen SCM basiert auf dem Gedanken, über Standardisierung der Prozesse und des physischen Materialflusses durch Vergleiche vergangener Daten zukünftige Ereignisse vorauszuahnen und bei Eintreffen mit entsprechenden, standardisierten Aktionen zu reagieren.³³ Dementsprechend ist auch die Planung relativ linear und unflexibel. Der Ablauf was wann von wo nach wo transportiert werden muss, wird sehr genau geplant. „Just in time“ oder sogar „just in sequence“ Lieferungen belegen, dass diese Methode auch sehr erfolgreich funktionieren kann. Auf Änderungen des Ablaufs aufgrund veränderter Bedarfe oder Störungen kann nur bedingt kurzfristig, und wenn dann manuell, reagiert und eingegriffen werden.

In der Produktion wird der Materialfluss von den Arbeits- und Ablaufplänen der Maschinen und Anlagen bestimmt. „Die Planung erfolgt in ERP-Systemen und ist deterministisch und zentral. Konventionelle Formen der deterministischen, zentralen Planung, wie sie ERP-Systeme üblicherweise verfolgen, berechnen einen gemeinsamen und optimierten Produktionsplan im Voraus. Sie versuchen, alle Aufgaben für alle Produktionsressourcen zentral festzulegen und exakt zu terminieren, was erfahrungsgemäß nur in seltenen Fällen gut gelingt. Dezentrale Steuerungen verfolgen eine lokale Optimierung der Aufgaben und Auftragsreihenfolgen. Sie betrachten, im Gegensatz zur zentralen Planung, nur einen eingegrenzten, überschaubaren Gegenstandsbereich. Sie können daher deren spezifische Randbedingungen besser in den Optimierungszielen berücksichtigen sowie kurzfristig und flexibel auf wechselnde Anforderungen reagieren.“³⁴

Industrie 4.0 erkennt also den Sachverhalt an, dass die Zukunft nicht vorhergesagt werden kann, sei sie auch noch so gut prognostiziert. Industrie 4.0 baut auf dezentrale Entscheidungsfindungen der cyber-physischen Systeme.³⁵

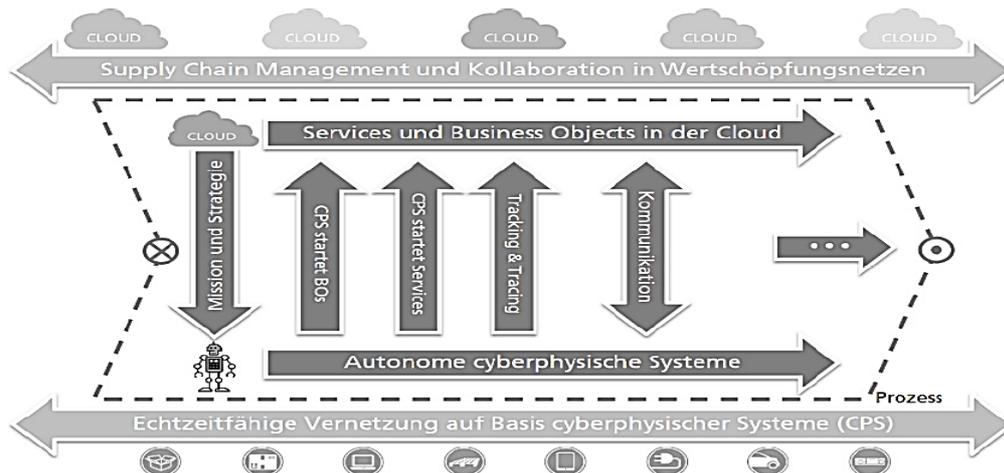


Abb. 7 Prozesssteuerung Industrie 4.0, Quelle (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014)S.620

³² Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.300.

³³ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.619.

³⁴ (Spath, Ganschar, Gerlach, Hämmerle, Krause, & Schlund, 2013) S.95.

³⁵ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.620.

In Abbildung 7 ist dargestellt, wie der Zusammenhang zwischen SCM 4.0, der Cloud und cyber-physischen Systemen aussehen kann. Mit SCM 4.0 wird der normative Bereich und der operative, echtzeitnahe Bereich des physischen Materialflusses entkoppelt. Durch die Fähigkeit cyber-physischer Systeme, Entscheidungen in Echtzeit dezentral und auf Basis lokaler Informationen autonom zu treffen, erhält das überlagerte normative SCM nur noch Informationen, die gebraucht werden, um übergeordnete Entscheidungen zu treffen.³⁶

Die normative Planung und die Umsetzung der Strategie des SCM 4.0 erfolgt mittels „Missionen“, die ausgearbeitet und entlang der Unternehmensstrategie abgestimmt werden müssen. Jedes cyber-physische System bekommt so eine Mission implementiert und verfolgt dann seine Ziele autonom und in Interaktion mit den anderen beteiligten cyber-physischen Systemen. Die notwendigen Dienste und Services zur Interaktion werden über die Cloud zur Verfügung gestellt. Ressourcen werden durch cyber-physische Systeme selbständig je nach Bedarf zur Verfügung gestellt.³⁷

Jede Transporteinheit ist mit einem RFID Transponder ausgestattet, auf dem alle zur Steuerung und Kommunikation notwendigen Daten gespeichert sind, also Daten zur Identifikation, Auftrag, Ziel, Inhalt, Größe und Form des Behälters usw. Die Berechnung der Transportwege, Reservierung von Transporteinheiten oder Buchung von Kapazitäten erfolgt auf Basis aktuellster Informationen und wird ständig den Gegebenheiten angepasst. Maschinen und Anlagen melden Daten zum Bearbeitungsstatus und fordern direkt Transporte an. Die Auftragsbearbeitung und Steuerung läuft also völlig autonom und dezentral ohne menschliches Eingreifen, was aber nicht heißt, dass keine Menschen beteiligt sind. In so einem Supply Chain Network werden auch Menschen integriert sein. Sie sind dann genauso Teil des cyber-physischen Systems wie Transportmodule, Anlagen oder ähnliches. Sie werden ebenfalls mit Transpondern ausgestattet sein, die Daten senden und empfangen und so Aufträge empfangen und abarbeiten können. Dadurch entsteht ein sich selbst steuerndes und organisierendes Supply Chain Network.

Die Anforderungen an SCM 4.0 werden deutlich steigen, da das Funktionieren des Supply Chain Networks entscheidend davon abhängt, dass die Missionen und deren Ziele der einzelnen cyber-physischen Systeme auf die Gesamtstrategie des Supply Chain Network abgestimmt sind. Diese Abstimmung und Steuerung der Prozesse in einer Supply Chain ist natürlich heute schon enorm wichtig und kann entscheidende Wettbewerbsvorteile bringen. Bei SCM 4.0 wird es darum gehen, noch vernetzter zu denken und die Missionen der CPS zu gestalten, abzustimmen und zu implementieren. Das Abgeben der operativen Steuerung an ein cyber-physisches System erfordert ein Umdenken der SCM Mitarbeiter, gleichzeitig wird der Planungs- und Gestaltungsumfang deutlich zunehmen.

2.4 Mensch

Die Planung, Steuerung und Koordination von Supply Chains fordern heute schon eine hohe Anpassungsfähigkeit und Flexibilität von Mitarbeitern des SCM. Wie beschrieben wird zukünftig ein großer Teil der operativen Planung und Steuerung von der dezentralen Steuerung cyber-physischer Systeme eigenständig übernommen. Die Anforderungen an den Menschen sinken dadurch nicht, im Gegenteil wird eine noch höhere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit gefordert werden.

Gerade im Bereich der Logistik, mit seiner hohen Komplexität, wird der Mensch mit seiner Intuition und seinen kognitiven Fähigkeiten nicht vollständig ersetzt werden können. Beim Kommissionieren z.B. werden neue Technologien wie Datenbrillen oder mit Sensoren ausgestattete Handschuhe dem Mensch helfen, effektiver und effizienter die Aufträge abzuarbeiten und Fehler zu vermeiden. Mobile Devices wie Smartphones oder Tablets stellen die gewonnenen Daten der cyber-physischen Systeme in Echtzeit zur Verfügung. Der Umgang mit diesen Medien ist den Menschen aus dem privaten Bereich bereits vertraut und intuitiv anwendbar.

³⁶ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.620.

³⁷ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.621.

Die Mitarbeiter müssen flexibel sein und sich auf kurzfristige, ständig ändernde und wenig planbare Aufgaben einstellen. Sie müssen zudem in der Lage sein, bei Fehlern oder ungewolltem Verhalten des Systems regelnd eingreifen zu können. Dazu müssen sie Systemzustände erkennen und Probleme dezentral lösen können.³⁸

Die nicht operativen Mitarbeiter des SCM sind dafür verantwortlich, die cyber-physischen Systeme im Bereich der Logistik zielgerichtet zu gestalten, zu koordinieren und zu optimieren. Sie müssen in Zukunft noch stärker als bisher in der Lage sein, in komplexen, systemübergreifenden Prozessen und Systemen zu denken und zusammenzuarbeiten.³⁹

Die Gestaltung und Abstimmung der CPS erfordert ein hohes Maß an Kommunikationskompetenz. Die meisten Menschen sind es heute schon gewohnt, über alle möglichen Kanäle des Social Media zu kommunizieren, jedoch gibt es Mitarbeiter, die noch nicht vertraut mit den neuen Medien sind. Zudem werden alle Mitarbeiter des SCM 4.0 noch mehr IT-Kenntnisse benötigen, um die Prozesshintergründe nachvollziehen und gestalten zu können. Durch eine individuelle Qualifizierungsanalyse kann ermittelt werden, in welchem Umfang Bedarf an Schulung und Weiterbildung besteht.

Die Prozesse, die bei der Interaktion zwischen Mensch und System im Hintergrund laufen, werden zunehmend komplexer. Durch geeignete Schnittstellen wie z.B. bei dem unter 2.2 beschriebenen intelligenten Behälter „inBin“, der mit einem Grafikdisplay oder einer Sprachsteuerung ausgerüstet ist, wird die Bedienung und Kommunikation für den Mitarbeiter sogar einfacher. Ein weiteres Beispiel dafür ist Augmented Reality, also die erweiterte Realität. Hier werden Informationen situationsbedingt eingeblendet, z.B. über Datenbrillen. Durch die ständig zur Verfügung stehenden aktuellen Informationen können die richtigen Entscheidungen leichter, schneller und fehlerfreier getroffen werden.

Trotzdem werden die Anforderungen an die Mitarbeiter in jedem Bereich des SCM steigen. Wichtig wird sein, die Mitarbeiter durch geeignete Schulungen und Unterweisungen darauf vorzubereiten, um sie nicht zu überfordern. Gleichzeitig darf die Arbeit aber auch nicht zu einfach und monoton werden. Ein System, das alles genauestens vorgibt und Mitarbeitern keinen eigenen Handlungsspielraum lässt, kann demotivieren.

Durch die enge Vernetzung von Mensch und Maschine entsteht aber auch leicht ein Gefühl der totalen Kontrolle und Überwachung. Da alle Objekte, also auch Menschen, digital in cyber-physischen Systemen abgebildet und vernetzt sind, werden auch Daten erhoben und verarbeitet, aus denen die Leistungsfähigkeit einzelner Mitarbeiter abgeleitet werden können. Es muss darauf geachtet werden, dass kein Gefühl der totalen Kontrolle entsteht und der personenbezogene Datenschutz gewährleistet wird. Hierzu müssen natürlich die rechtlichen Rahmenbedingungen eingehalten werden, zudem werden auf Unternehmensebene Betriebsvereinbarungen ausgehandelt werden müssen. Unternehmensübergreifend können solche Vereinbarungen nicht getroffen werden. Hier können Tools wie Balance Score Cards und Corporate Identity Anwendung finden, die durch die beteiligten Unternehmen des Supply Chain Networks gemeinsam erarbeitet und vereinbart werden.

2.5 Organisation und Arbeitsplatzgestaltung

Manuelle und einfache Tätigkeiten werden durch Industrie 4.0 abnehmen oder entfallen. Dies gilt vor allem in der Produktion. Im SCM 4.0 werden die Anforderungen an die Mitarbeiter in Bezug auf Flexibilität, Komplexität und Selbstorganisation durch Industrie 4.0 steigen. Zudem werden höhere Fähigkeiten zur Problemlösung und kommunikative Kompetenzen gefragt sein.⁴⁰ Gleichzeitig werden aber auch die Anforderungen der Mitarbeiter an ihren Arbeitsplatz steigen. Work-Life-Balance und Vereinbarkeit von Familie und Beruf sind heute schon wichtige Themen. Flexible Arbeitszeiten und die Möglichkeit von Home Office verbreiten sich immer mehr und finden Akzeptanz. In Zeiten des demografischen Wandels und dem damit einhergehenden Mangel an Fachkräften spielt die

³⁸ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.310.

³⁹ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.310.

⁴⁰ Vgl. (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.57.

Attraktivität eines Arbeitsplatzes eine wichtige Rolle, um geeignete Mitarbeiter zu finden. Die Organisation und Arbeitsplatzgestaltung muss sich dieser Entwicklung anpassen und kann sich dabei an den Interessen der Mitarbeiter orientieren.

„Entscheidend dafür sind Organisations- und Gestaltungsmodelle von Arbeit, die ein hohes Maß an selbstverantwortlicher Autonomie mit dezentralen Führungs- und Steuerungsformen kombinieren, die den Beschäftigten erweiterte Entscheidungs- und Beteiligungsspielräume sowie Möglichkeiten zur Belastungsregulation zugestehen, und zugleich Optionen für flexibles Arbeitshandeln eröffnen.“⁴¹

Dabei muss die Organisation und Gestaltung in den einzelnen Bereichen immer in den Kontext des gesamten Supply Chain Network gebracht werden. In den Umsetzungsempfehlungen des Arbeitskreises Industrie 4.0 wird eine sozio-technische Gestaltungsperspektive empfohlen, „...in der Arbeitsorganisation, Weiterbildungsaktivitäten sowie Technik- und Software-Architekturen in enger wechselseitiger Abstimmung, „aus einem Guss“ mit dem Fokus darauf entwickelt werden, intelligente, kooperative, selbstorganisierte Interaktionen zwischen den Beschäftigten und / oder den technischen Operationssystemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu ermöglichen.“⁴²

In so einem sozio-technischen System müssen also Technik, Organisation und Mitarbeiter systematisch aufeinander abgestimmt werden. Dabei soll die Interaktion möglichst intuitiv sein. Die richtige Organisation und Gestaltung des Arbeitsplatzes kann die Akzeptanz, die Leistungs- und Entwicklungsfähigkeit der Mitarbeiter unterstützen und fördern.⁴³ Dadurch wird ein motivierendes und lernförderliches Arbeitsumfeld geschaffen, welches Führungskräfte und Mitarbeiter gleichermaßen fordert. Dabei können die neuen Technologien zur Vernetzung und Kommunikation, die im privaten Bereich bereits weit verbreitet sind, in den Arbeitsalltag integriert werden mit dem Vorteil, dass die Mitarbeiter bereits vertraut im Umgang mit den neuen Medien sind. Die Kommunikation wird dadurch deutlich vereinfacht.⁴⁴

Die neuen Medien können darüber hinaus auch zur Qualifikation und Schulung verwendet werden. Durch E-Learning können z.B. neue Aufgaben oder Arbeitsabläufe Mitarbeitern interaktiv vermittelt werden. Die Mitarbeiter können sich dadurch eigenständig unterweisen und benötigen keine Schulung durch andere Mitarbeiter, was Zeit und Kosten spart. Ein weiterer Ansatz zur Qualifikation und Motivation von Mitarbeiter ist Gamification. Darunter wird die spielerische Integration von Elementen in einen nicht-spielerischen Kontext, sprich Arbeitsabläufe verstanden. Dabei werden spielerische Elemente in Arbeitsroutinen integriert, um die Arbeit interessanter zu gestalten und Mitarbeiter zu motivieren.⁴⁵

2.6 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit

In den entstehenden cyber-physischen Systemen interagieren Menschen intensiv mit technischen Systemen. Durch den steigenden Anteil an autonom agierenden Fördermodulen, Robotern oder ähnliches muss selbstverständlich die Arbeitssicherheit beachtet werden. Durch geeignete Schutzmaßnahmen müssen die Mitarbeiter vor sich bewegenden Modulen oder Robotern geschützt werden. Gleichzeitig bietet die Möglichkeit, Prozessdaten auszuwerten, auch die Möglichkeit zur Steigerung des Gesundheitsschutzes. Durch die Auswertung der Prozessdaten können z.B. physische Belastungen der Mitarbeiter identifiziert werden. Durch Änderung des Prozesses und Integration technischer Hilfsmittel wie z.B. Greifrobotern können die Mitarbeiter dann entlastet und gesundheitlichen Schäden vorgebeugt werden.⁴⁶

⁴¹ (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.57.

⁴² (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.57.

⁴³ Vgl. (Plattform-Industrie-4.0, 2015) S.31.

⁴⁴ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.319.

⁴⁵ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.319-320.

⁴⁶ Vgl. (Bauernhansl, Hommel, & Vogel-Heuser, 2014) S.318.

3. Vorteile, Potenziale und Risiken der digitalen Transformation

Die volkswirtschaftlichen Potenziale, die durch den Einsatz von Industrie 4.0 Technologien gehoben werden können, scheinen enorm. So hat der BITKOM Verband in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) in der Studie „Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland“ durch Experteninterviews bis zum Jahr 2025 folgende Wertschöpfungspotenziale ermittelt:

- In der Automobilindustrie 15 Mrd. Euro bis 2025, jährlich 1,5% Wachstum.
- Im Maschinen- und Anlagenbau 23 Mrd. Euro bis 2025, jährlich 2,2% Wachstum.
- In der Chemie- und Elektroindustrie jeweils 12 Mrd. Euro bis 2025, jährlich 2,2% Wachstum.
- In der Informations- und Kommunikationstechnik 14 Mrd. Euro bis 2025, jährlich 1,2% Wachstum.
- In der Landwirtschaft 3 Mrd. Euro bis 2025, jährlich 1,2% Wachstum.⁴⁷

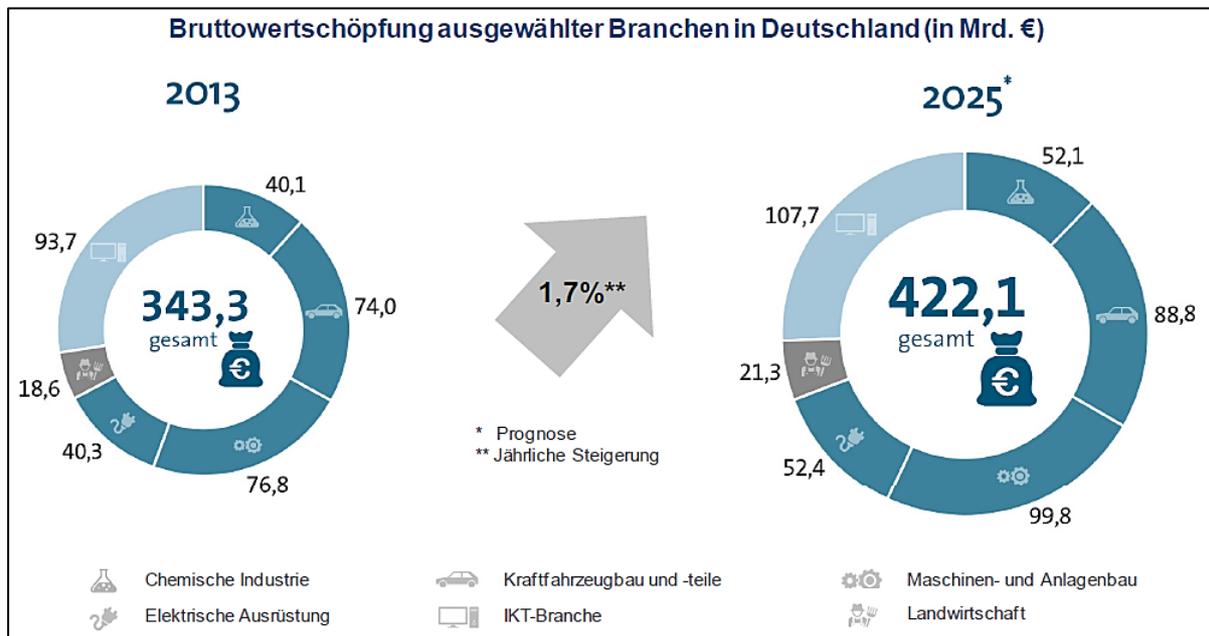


Abb. 8 Wachstumschancen durch Industrie 4.0, Quelle (Dream Car Bericht, 2015) S.17

Zusammen genommen also 78 Mrd. Euro bis 2025 mit einem jährlich Wachstum von 1,7% und das nur in Deutschland. Und nur in den sechs genannten Branchen, die 2013 einen Anteil von 24% am Bruttoinlandsprodukt hatten.⁴⁸

Dem gegenüber steht, laut einer Studie von R. Berger und dem Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), ein mögliches Verlustpotenzial von 220 Mrd. Euro bis 2025, sollte Deutschland die Digitalisierung versäumen und Wertschöpfungsanteile an den Wettbewerb verlieren.⁴⁹

General Electric (GE) betrachtet als amerikanisches Unternehmen das Potenzial global gesehen nach dem Motto „Think Big“. In dem von GE 2012 veröffentlichten Bericht „Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines“ beziffern sie das Potenzial global auf 15 Billionen Dollar, was einer Steigerung des globalen Gross

⁴⁷ Vgl. (Bauer, Schlund, Marrenbach, & Ganschar, 2014) S.6-7.

⁴⁸ Vgl. (Bauer, Schlund, Marrenbach, & Ganschar, 2014) S.14.

⁴⁹ Vgl. (Hrsg. Roland Berger; BDI, 2015) S.10.

Domestic Product (GDP) um 20% und fast der Größe der US-Wirtschaftsleistung heute entspricht. Sie gehen dabei davon aus, dass in den USA jährlich eine Produktivitätssteigerung um 1,5% und im Rest der Welt die Hälfte davon erreicht wird.⁵⁰

3.1 Vorteile und Potenziale SCM 4.0

Die intelligente Vernetzung von Produktion, Logistik, Dienstleistungen, Engineering und dem digitalen Produktgedächtnis macht es möglich, den Material- und Datenfluss zu synchronisieren und die dabei gewonnenen Daten in Kontext zu den Geschäftsprozessen zu bringen. Dadurch kann der Waren- und Güterfluss priorisiert und effizienter gesteuert werden.⁵¹

Dies eröffnet neue Möglichkeiten bereits in der Produktentstehung. Sich während der Entwicklung ändernde Kundenanforderungen und Wünsche können zeitnah und effizient integriert werden. So kann nah am Kunden entwickelt werden, was Entwicklungskosten, Zeit und eventuell notwendige Nachentwicklungen spart. Daraus ableitend kann das SCM die Planung und Steuerung des zugehörigen Supply Chain Network zeitnah anpassen und das cyber-physische System entsprechend konfigurieren. Die Optimierung der Time to Market ist notwendig, um bei immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen noch wirtschaftlich entwickeln zu können und konkurrenzfähig zu bleiben. Die Digitalisierung des Produktentstehungsprozess, als Teil eines cyber-physischen Supply Chain Network, kann niedrigere Losgrößen, bis hin zu Losgröße eins, wirtschaftlich rentabel machen.

Zudem entsteht die Möglichkeit, in laufende Prozesse und Abläufe einzugreifen und diese zu ändern. Beispielsweise in der Autoproduktion können nachträglich eingereichte Kundenwünsche, bis zu einem gewissen Grad, in die Produktion einfließen ohne Zusatzkosten zu erzeugen. Veränderte Kundenwünsche haben in der Regel Einfluss auf den Materialfluss. In cyber-physischen Systemen wird automatisch auf sich ändernde Materialbedarfe reagiert und die Supply Chain entsprechend umgesteuert. Dabei prüft das System den Einfluss des geänderten Bedarfes auf das gesamte Supply Chain Network, bis in die Fertigung jedes beteiligten Lieferanten, und nimmt entsprechende Anpassungen des Systems vollkommen autonom vor.

Lagerbestände und Materialbedarfe werden mittels smarten Behältern und Sensoren in Echtzeit erkannt und Bestellvorgänge können voll automatisiert initialisiert und bearbeitet werden. Durch die immer aktuellen Bedarfe und die zeitlich abgestimmte Steuerung des Materialflusses können Lagerbestände reduziert, im besten Fall ganz abgebaut werden.

Durch die Vernetzung von Werkstücken, Maschinen, Behältern, Ladungsträgern und Transporteinheiten in cyber-physischen Systemen können Produktionsabläufe, Transportzeiten und Transportkapazitäten unternehmensübergreifend optimal gesteuert werden. Rüstzeiten werden optimiert und Stillstandszeiten vermieden, dadurch werden Durchlaufzeiten verkürzt und Lieferzeiten reduziert. Die Sendungsverfolgung in Echtzeit ermöglicht es frühzeitig auf Lieferverzögerungen zu reagieren. Durch intelligent gesteuerte Verkehrsleitsysteme können Staus vermieden, Routen optimiert und Treibstoff gespart werden, sodass es gar nicht erst zu Verzögerungen kommt. Das durchgehende Tracking schafft Transparenz und sichert eine lückenlose Warenrückverfolgbarkeit.

In cyber-physischen Systemen ist es möglich, Simulationen durchzuführen und dadurch Abhängigkeiten z.B. eines Lieferantenwechsels oder Änderungen einzelner Prozessschritte auf das gesamte Supply Chain Network darzustellen. Beispielsweise können simuliert werden die:

- Auswirkungen auf Bestandsreichweiten.
- Auswirkungen auf den Transport und die logistische Abwicklung.

⁵⁰ Vgl. (C.Evans & Annunziata, 2012) S.34.

⁵¹ Vgl. (Manzei, Schlepner, & Heinze, 2016) M. Rosemann S.55.

- Auswirkungen auf Produktionsabläufe und Kapazitäten.
- Auswirkungen auf Lagerbestände und Kapazitäten.
- Auswirkungen auf Kosten und Margen.⁵²

Vor einem Lieferantenwechsel kann durch die Simulation relativ einfach eine Risikoabschätzung durchgeführt werden. Die Auswirkungen auf Kosten, Lieferzeiten und Kapazitäten können ohne großen Aufwand ermittelt und bewertet werden. Auch in der Intralogistik können die Auswirkungen von Änderungen in einzelnen Prozess- oder Produktionsabläufen vorab einfach simuliert und bewertet werden.

In einer Studie, die von A.T. Kearney und dem Kühne Institut für Logistik der Otto Beisheim School of Management 2015 durchgeführt wurde (Abbildung 9), sehen 70% der befragten Supply Chain Manager den größten Vorteil darin, dass durch die entstehende Transparenz bessere Entscheidungen getroffen werden können, die das gesamte Supply Chain Network betreffen. 65% sehen zudem Vorteile in der steigenden Flexibilität, die durch die Digitalisierung möglich wird.⁵³

Bemerkenswert ist die relative geringe Erwartung an Kosteneinsparungen. Nur 23% glauben an niedrigere Transportkosten und nur 38% an geringere Aufwände in der Logistik- und Transportadministration. Die intelligente Vernetzung verspricht gerade in diesem Bereich Einsparungen durch automatisierte Auftragsbearbeitung und der Optimierung von Transportrouten und Transportkapazitäten. Immerhin 52% erwarten sinkende Lagerkosten, obwohl dieser Wert auch relativ niedrig erscheint, da auch in diesem Bereich durch smarte Bedarfs- und Materialplanung Bestände reduziert oder ganz abgebaut werden können.

32% erwarten weniger Komplexität in der Supply Chain. Dieser Wert ist erstaunlich, da gerade die Komplexität der Systeme, die die Vernetzung zu umfassenden Supply Chain Networks mit sich bringt, stark zunehmen wird.

Einige Ergebnisse dieser Studie könnten darauf hinweisen, dass bei Teilen der SCM Verantwortlichen noch Aufklärungsbedarf bezüglich der technologischen Möglichkeiten besteht, die die Entwicklung zu Industrie 4.0 bietet.

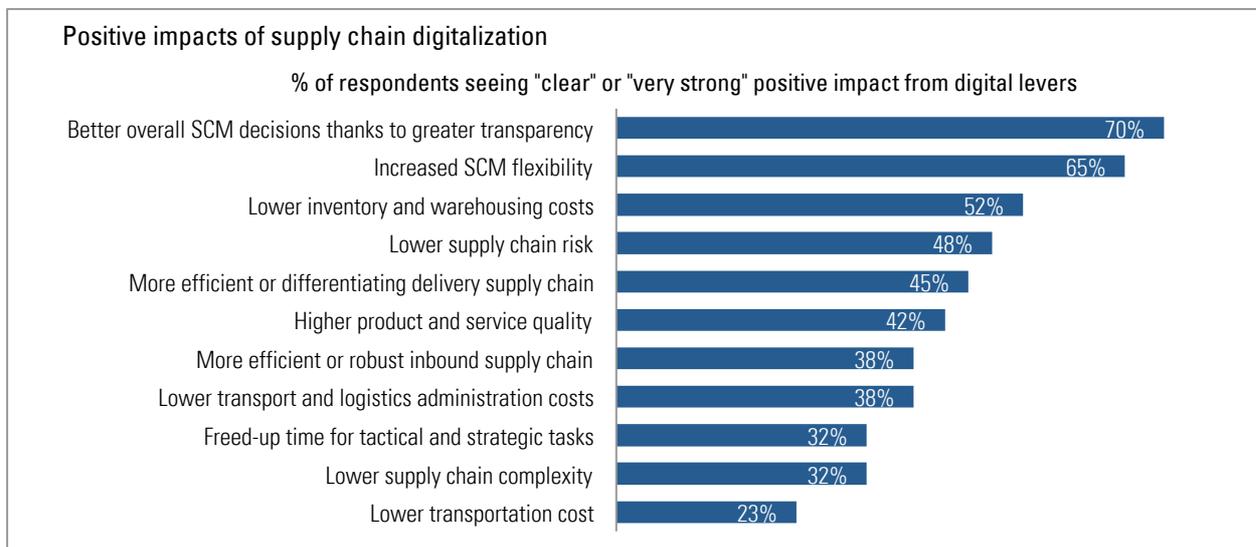


Abb. 9 Positive Auswirkungen der Digitalisierung auf die SC, eig. Darstellung vgl. (European A.T.Kearney/WHU Logistics Study, 2015) S.13

Durch die Digitalisierung und Automatisierung werden neue Aufgabengebiete im Bereich SCM entstehen aber natürlich auch andere wegfallen bzw. ersetzt werden. In der bereits erwähnten A.T. Kearney Studie erwarten 43%

⁵² Vgl. (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.77.

⁵³ Vgl. (European A.T.Kearney/WHU Logistics Study, 2015) S. 13. An der Studie haben sich 60 SC-Manager europäischer Unternehmen beteiligt. Mit 15 von ihnen wurden tiefgehende Interviews geführt.

der Befragten Supply Chain Manager einen Personalrückgang in ihrem Bereich, erstaunlicherweise erwarten 15% einen Personalaufbau.⁵⁴

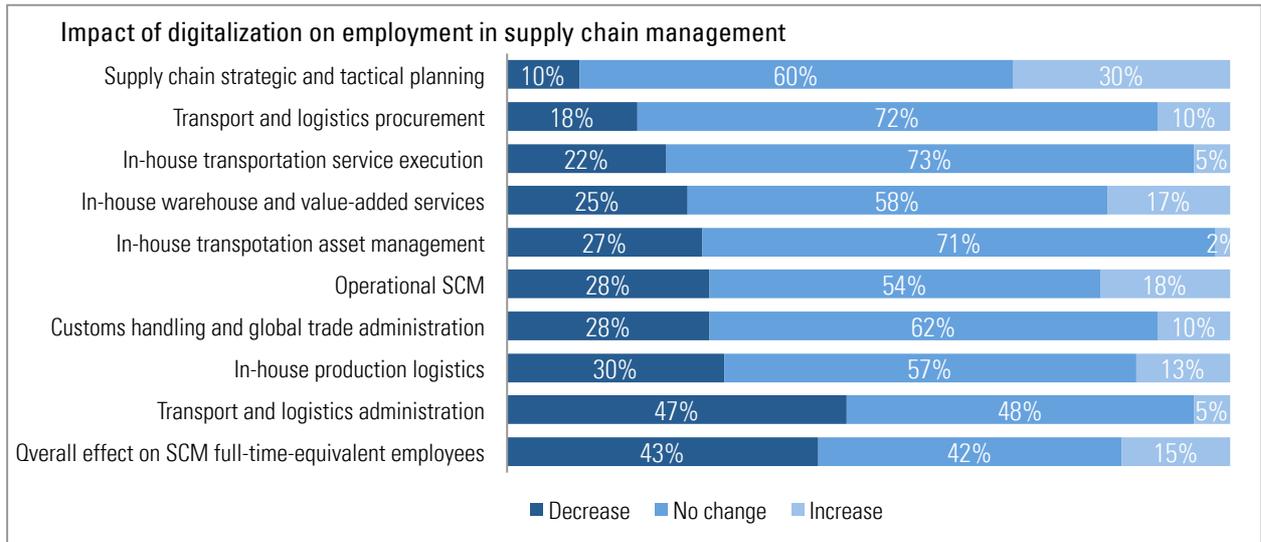


Abb. 10 Auswirkungen der Digitalisierung auf den Personalstand, Quelle (European A.T.Kearney/WHU Logistics Study, 2015) S.14

Die digitale Transformation soll Prozesse und Systeme automatisieren und autonom gestalten. Dies wird zu schlankeren Prozessstrukturen führen, indem Tätigkeiten in Summe entfallen und somit zu einem sinkenden Personalbedarf führen werden. Im Sinne des Lean-Managements ist das als Potenzial zu sehen, Gesellschaftspolitisch wird der Abbau von Arbeitsplätzen als Bedrohung gesehen. Es ist Aufgabe der Politik und der Wirtschaft, die Möglichkeiten der Entwicklung zu Industrie 4.0 als Chance zu kommunizieren und durch bildungspolitische Maßnahmen die Grundlage zu schaffen, die Menschen bei dieser Entwicklung mitzunehmen.

3.2 Risiken und Herausforderungen

Die beschriebenen Vorteile und Potenziale passen zu den Herausforderungen, die bei einer Studie der Aberdeen Group 2013, bei der 149 global agierenden Unternehmen befragt wurden, genannt wurden (siehe Abbildung 11).⁵⁵

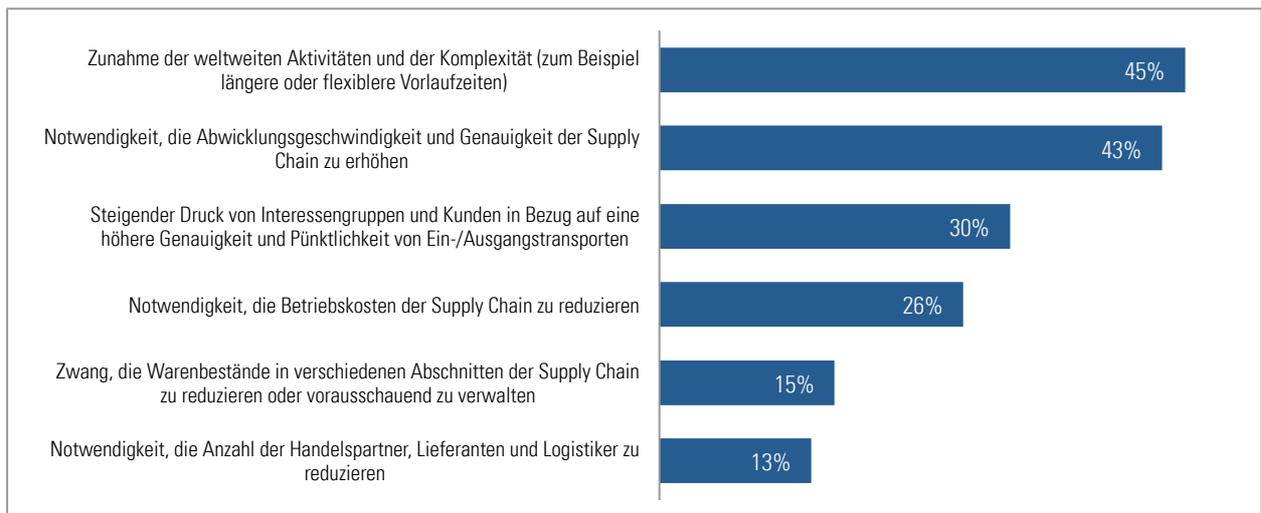


Abb. 11 Notwendigkeit der Verbesserung der Supply Chains, eig. Darstellung vgl. (Zillmann, 2016) S.12

⁵⁴ Vgl. (European A.T.Kearney/WHU Logistics Study, 2015) S.14.

⁵⁵ Vgl. (Aberdeen Group, 2013) S.2.

Unternehmen sehen also eindeutig die Notwendigkeit, ihre Supply Chains zu verbessern um zukünftig wettbewerbsfähig zu bleiben. Die Entwicklung zu SCM 4.0 und Digitalisierung des Supply Chain Network birgt jedoch auch Risiken, die jeweils unternehmensspezifisch zu identifizieren und analysieren sind. Kersten, Schröder und Indorf haben Risiken identifiziert und in fünf Kategorien eingeordnet, ohne dabei Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben (siehe Abbildung 12).⁵⁶

Bereich	Risiko
Beschaffung	Lieferantenverlust (Technologiebarriere) Unterschiedliche Sicherheitsstandards entlang der Supply Chain
Prozesse	Abhängigkeit von Technologieanbietern
	Akzeptanz bei den Mitarbeitern
	Erhöhte Abhängigkeit von Prozessen
	Erhöhte Anfälligkeit für Betriebsunfälle
	Häufige Systemwartungen / Inkompatibilitäten
	Infrastrukturdefizite / Netzengpässe
Steuerung	Fehlende Entscheidungslogiken Fehlerhafte Steuerungsdaten
Nachfrage	Anforderungen von Early Adopters Hohe Flexibilitätsanforderung in tiefen Supply Chain Stufen
	Akzeptanz durch die Gesellschaft Fehlende Standards
Unternehmensumfeld	Geringere Datensicherheit / Industriespionage Restriktionen durch Arbeitnehmervertretungen Technologische Entwicklungen

Abb. 12 Supply Chain Risiken der Industrie 4.0, eig. Darstellung vgl. (Hrsg., Kersten, Koller, & Lödding, 2014) S.114

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kann aus Gründen des Umfangs nicht im Einzelnen auf die genannten Risiken eingegangen werden. Die Darstellung soll Anhaltspunkte geben, die bei der Erstellung einer unternehmensspezifischen Risikoanalyse beachtet werden sollten. Im Folgenden wird auf die IT-Sicherheit eingegangen, da diesem Thema laut einer Studie unter CIOs (Chief Information Officer) eine besondere Bedeutung zukommt.⁵⁷ Zudem soll das Datenschutzrecht betrachtet werden, da dieses Thema gerade in Deutschland große Beachtung findet. Eine große Herausforderung für Unternehmen sind Investitionen, die notwendig werden, um SCM 4.0 implementieren zu können. Hierauf wird abschließend eingegangen.

3.2.1 IT-Sicherheit des Supply Chain Network

Je umfassender die Vernetzung in cyber-physischen Systemen, desto größer das Gefahrenpotenzial durch Angriffe von außen. Die Vernetzung von Unternehmen, Lieferanten, Transportunternehmen und Kunden zu Netzwerken mit globalen Strukturen erfordert unumgänglich in irgendeiner Form das Internet. Hinzu kommt die Vernetzung zu cyber-physischen Systemen, in denen wie unter 1.1.3 beschrieben alles miteinander vernetzt ist. Das bietet Raum für Cyberangriffe und Industriespionage, und je größer das Netzwerk ist, desto anfälliger und interessanter wird es für Angreifer. In einer Studie der Deutschen Telekom gaben 89% der befragten Führungskräfte an, Ziel von Cyberangriffen zu sein, 18% davon sehen sich sogar täglich Angriffen ausgesetzt.⁵⁸

Durch unvorsichtige Netzwerkteilnehmer können Systeme von Viren, Trojanern, Würmern oder anderer Schadsoftware infiziert werden. Ziele eines solchen Angriffes können Sabotage oder Manipulation sein, durch die Produktionen unterbrochen oder Maschinenprozesse gestört werden. Die Folge könnten Rückrufaktionen und Imageverlust durch schlechte Qualität sein. Bei Lieferausfall oder Verzögerungen drohen zudem Vertragsstrafen, die

⁵⁶ Vgl. (Hrsg., Kersten, Koller, & Lödding, 2014) S.113.

⁵⁷ Vgl. (Zillmann, 2016) S.24.

⁵⁸ Vgl. (Deutsche Telekom, 2015) S.16.

erheblichen finanziellen Schaden anrichten können. Denkbar ist auch das Umleiten der Warenströme in einem Supply Chain Network durch Manipulation des Datenverkehrs. So könnten die Ziele von Transporten verändert, und so Ware an falschen Orten abgeliefert werden.

Die erstmals in 2010 bekannt gewordene Attacke der Schadsoftware W32.stuxnet zeigt beispielhaft, dass auch relativ autarke und in sich geschlossene Netzwerke infiltriert werden können. Grund ist die Verbindung zum Internet, z.B. zu Fernwartungszwecken oder über E-Mail Accounts von Mitarbeitern. W32.stuxnet verfolgt das Ziel, vorhandene Software, speziell in Steuerungssystemen der Automatisierungstechnik von Kraftwerken, chemischer Fabriken und industriellen Produktionsanlagen, zu Sabotagezwecken auszuspionieren und umzuprogrammieren. Bis heute veröffentlicht wurde ein Angriff auf iranische Atomanlagen, bei dem Uranzentrifugen manipuliert und beschädigt wurden.⁵⁹

Das Beispiel zeigt deutlich, wie sicherheitsrelevant der Schutz von Netzwerken gegen Angriffe ist. Es müssen Sicherheitsarchitekturen entwickelt werden, die in der Lage sind, in Echtzeit auf Anomalien zu reagieren und entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Sicherheitsrelevante Aspekte müssen von Beginn an Teil der digitalen Transformation sein → Security by Design.

3.2.2 Datenschutzrecht SCM 4.0

Mit Industrie 4.0 werden enorme Mengen an Daten erhoben und verarbeitet. Da Menschen Teil cyber-physischer Systeme sein werden, befinden sich darunter zwangsläufig auch personenbezogene Daten. Personenbezogene Daten sind, nach §3 Abs. 1 Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbarer Person. Vereinfacht gesagt sind das Daten, die einem Menschen zugeordnet werden können.

Die vier Grundsätze des deutschen Datenschutzrechts sind:

➤ **Verbot mit Erlaubnisvorbehalt**

„Eine Erhebung und/oder Verwendung personenbezogener Daten ist grundsätzlich verboten, es sei denn, es ist konkret im Einzelfall erlaubt (§4 Abs. 1 BDSG). Für die Verwendung personenbezogener Daten bedarf es daher entweder einer Erlaubnis im Gesetz oder der Einwilligung des Betroffenen.“⁶⁰

➤ **Grundsatz der Zweckbindung**

„Der datenschutzrechtliche Grundsatz der Zweckbindung bedeutet, dass die Verwendung von personenbezogenen Daten nur für den Zweck zulässig ist, zu dem sie rechtmäßig erhoben worden sind. Sollen die Daten für einen anderen Zweck verwendet werden, greift in Bezug auf den neuen Zweck wieder das Verbot mit Erlaubnisvorbehalt. Hieran hängt auch die Pflicht zur Löschung von personenbezogenen Daten. Dies kommt in §35 Abs. 2 S.1 Nr. 3 BDSG zum Ausdruck, wonach Daten zu löschen sind, sobald sie für den Zweck, zu welchem die verantwortliche Stelle diese erhalten hat, nicht mehr erforderlich sind.“⁶¹

➤ **Grundsatz der Transparenz**

„Die Pflicht zur Transparenz soll den Betroffenen – so die Vorstellung des Gesetzgebers – in die Lage versetzen, sein Verhalten entsprechend dieser Information auszurichten. Er muss daher konkret über Zweck, Art und Umfang der Erhebung und Verwendung seiner Daten sowie darüber, wer diese Daten erhebt und an wen diese Daten übertragen werden, unterrichtet werden. Dies gilt grundsätzlich auch dann, wenn die Verwendung der Daten kraft Gesetzes – also ohne Einwilligung – zulässig ist.“⁶²

⁵⁹ Vgl. (Manzei, Schlepner, & Heinze, 2016) L. Schlepner S.185-186.

⁶⁰ (Köhler-Schute, 2015) Dr. Jens Eckhardt S.154.

⁶¹ (Köhler-Schute, 2015) Dr. Jens Eckhardt S.154-155.

⁶² (Köhler-Schute, 2015) Dr. Jens Eckhardt S.155.

➤ **Datenvermeidung und –sparsamkeit**

„Die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten und die Auswahl und Gestaltung von Datenverarbeitungssystemen sind an dem Ziel auszurichten, so wenig personenbezogene Daten wie möglich zu erheben, zu verarbeiten oder zu nutzen. Insbesondere sind personenbezogene Daten zu anonymisieren oder zu pseudonymisieren, soweit dies nach dem Verwendungszweck möglich ist und keinen im Verhältnis zu dem angestrebten Schutzzweck unverhältnismäßigen Aufwand erfordert (§3a BDSG).“⁶³

Industrie 4.0 strebt eine komplette Vernetzung der Teilnehmer eines Supply Chain Networks an, und es wird schnell deutlich, dass diesem Thema eine erhebliche Bedeutung zukommt. Die Regelungen zum Datenschutz müssen sich an diese gesetzlichen Grundsätze halten. Als weitere Rechtsgrundlage sind bei Beschäftigungsverhältnissen, die in §3 Abs. 11 BDSG definiert sind, Betriebsvereinbarungen zulässig, in denen Regelungen zum personenbezogenen Datenschutz getroffen werden können.⁶⁴ Ziel sollte es sein, personenbezogene Daten soweit wie möglich zu anonymisieren, da dadurch der Personenbezug entfällt und das Datenschutzrecht nicht zum Tragen kommt.⁶⁵ Das Anonymisieren ist in §3 Abs. 6 BDSG geregelt: Anonymisieren ist das Verändern personenbezogener Daten derart, dass die Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft einer bestimmten oder bestimmbar natürlichen Person zugeordnet werden können.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen nehmen durch die ländergrenzenübergreifende Vernetzung in Supply Chain Networks noch deutlich zu. Entscheidend ist die Beziehung des Datenerhebenden und dem Betroffenen, dessen personenbezogene Daten erhoben und verwendet werden. Werden personenbezogenen Daten in Deutschland durch ein Unternehmen aus einem anderen Mitgliedstaat der EU (Europäischen Union) oder einem anderen Vertragsstaat des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum erhoben, findet das BDSG keine Anwendung, sondern das Datenschutzrecht des jeweiligen Landes (Vgl. §1 Abs. 5 BDSG). Befindet sich das datenerhebende Unternehmen außerhalb der EU oder des Europäischen Wirtschaftsraum, findet das Gesetz wiederum Anwendung (Vgl. §1 Abs. 5 BDSG).

Das Thema ist äußerst komplex und kann in dieser Arbeit nur angedeutet werden. Es sollte deutlich gemacht werden, dass Datenschutzrecht im Zusammenhang mit der Umsetzung Industrie 4.0 ein wichtiges Thema ist und besonderer Beachtung bedarf.

3.2.3 Notwendige Investitionen SCM 4.0

Als große Herausforderung werden die Investitionen gesehen, die notwendig werden, um die digitale Transformation und intelligente Vernetzung zu realisieren. Aus einer von PWC und Strategy& 2014 durchgeführten Studie, bei der 235 Unternehmen aus Deutschland befragt wurden, geht hervor, dass die Unternehmen durchschnittlich 3,3% ihres Jahresumsatzes in Industrie 4.0 investieren wollen. Die Investitionen verteilen sich dabei relativ gleichmäßig auf die Bereiche, siehe Abbildung 13, wobei Investitionen in den Bereich Supply Chain am höchsten priorisiert sind.⁶⁶

⁶³ (Köhler-Schute, 2015) Dr. Jens Eckhardt S.155.

⁶⁴ Vgl. (Köhler-Schute, 2015) Dr. Jens Eckhardt S.156.

⁶⁵ Vgl. (Köhler-Schute, 2015) Dr. Jens Eckhardt S.156.

⁶⁶ Vgl. (PricewaterhouseCoopers, 2014) S.12.

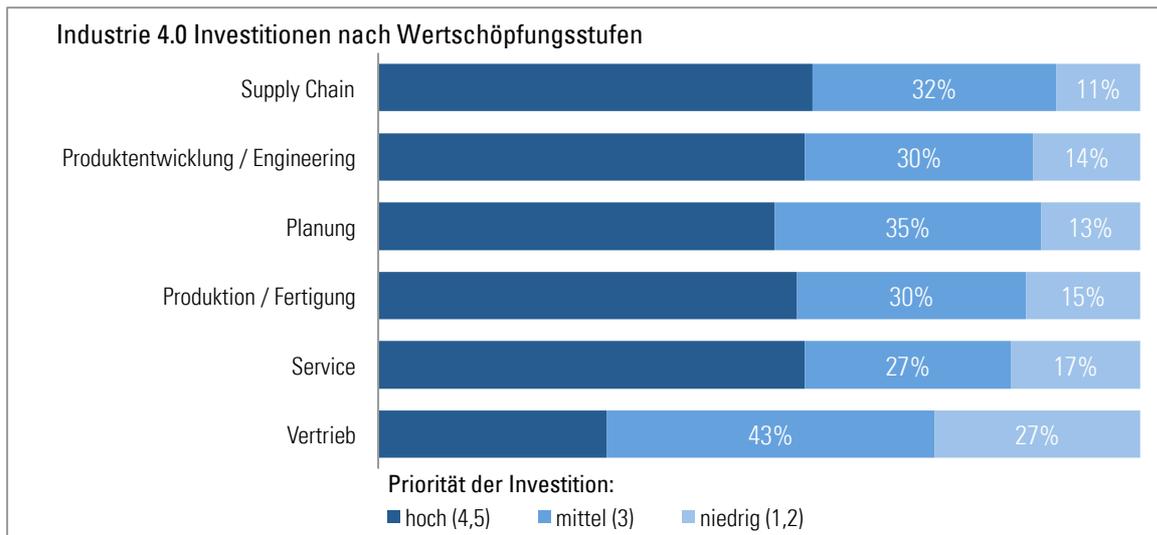


Abb. 13 Industrie 4.0 Investitionen, eig. Darstellung vgl. (PricewaterhouseCoopers, 2014) S.13

Wie in den Anforderungen an SCM 4.0 beschrieben, müssen Fördertechnik und Transporteinheiten mit Sensoren und RFID Transpondern ausgestattet werden. Das ganze Lagersystem, soweit noch notwendig, muss je nachdem mit Sensorik versehen werden, um Bestände virtuell abbilden und erfassen zu können. Die größten Investitionen werden im IT-Bereich notwendig werden, hier wird es vor allem auf die Datenqualität ankommen.

Eine Studie der Ingenics AG, bei der 518 Unternehmen in Deutschland durch das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) Stuttgart befragt wurden, kommt zu dem Ergebnis, dass 72% (bei N=322) es für notwendig halten, massiv in die Datenqualität zu investieren, bevor Potenziale durch Industrie 4.0 gehoben werden können. Die bereits vorhandenen Daten müssen hinsichtlich Vollständigkeit, Genauigkeit und Aktualität überprüft und auf Stand gebracht werden.⁶⁷ Fehlerhafte Daten zu beispielsweise Gewicht und Maßen eines Werkstückes können in einem cyber-physischen System den Ablauf stören, wenn aufgrund der falschen Daten nicht passende Transportoptionen gewählt werden oder die Kapazität nicht ausreicht.

Dazu passt auch das Ergebnis der bereits erwähnten Studie von PWC, wonach 90% der befragten Unternehmen davon ausgehen, dass schon 2019 die Fähigkeit zur Datenanalyse entscheidend für den Erfolg des Geschäftsmodells sein wird.⁶⁸ Hier werden Investitionen in die IT-Infrastruktur und Software zur Datenverarbeitung bzw. -analyse notwendig.

Investitionen in die Qualifikation der Mitarbeiter werden notwendig, um sie entsprechend ihrer Aufgaben zu schulen und weiterzubilden. Gerade im Bereich der Planung und Steuerung müssen die Mitarbeiter in der Lage sein, cyber-physische Systeme zu verstehen und so auszurichten, dass die Ziele des Supply Chain Networks bestmöglich erreicht werden.

Den eingangs des Kapitels erwähnten Wertschöpfungspotenzialen stehen also zweifelsfrei große Herausforderungen und notwendige Investitionen gegenüber. Hält man die Einschätzung der BITKOM Studie, wonach eine jährliche Steigerung der Bruttowertschöpfung im Durchschnitt von 1,7% möglich ist, den 3,3% des Jahresumsatzes durchschnittlich notwendigen Investitionen der PWC Studie entgegen, scheint, vereinfacht betrachtet, ein Überhang an Investitionen zu bestehen. Mit einzubeziehen ist aber das mögliche Verlustpotenzial an den Wettbewerb. Investitionen sind langfristig zu betrachten und durch Wirtschaftlichkeitsrechnungen zu validieren.

⁶⁷ Vgl. (Schlund, Hämmerle, & Strölin, 2014) S.12-13.

⁶⁸ Vgl. (PricewaterhouseCoopers, 2014) S.8.

4. Von Industrie 4.0 zu SCM 4.0

Die digitale Transformation bedeutet für das SCM vor allem die Transformation von starren Supply Chains zu dynamischen Supply Chain Networks (Abbildung 14). Die Wertschöpfung findet nicht mehr sequentiell und zeitversetzt statt, sondern in einem sich weitestgehend selbst organisierendem Netzwerk, in dem Einheiten untereinander ständig kommunizieren und flexibel aufeinander reagieren.⁶⁹ Das SCM muss seine Prozesse der Geschwindigkeit der Industrie 4.0 anpassen. Das betrifft alle Bereiche wie Beschaffung, Intralogistik, Vertrieb oder Ersatzteilmanagement. Die Transformation zu smarten Supply Chain Networks ermöglicht die komplette Integration von Lieferanten, Produktionspartnern und Kunden.⁷⁰

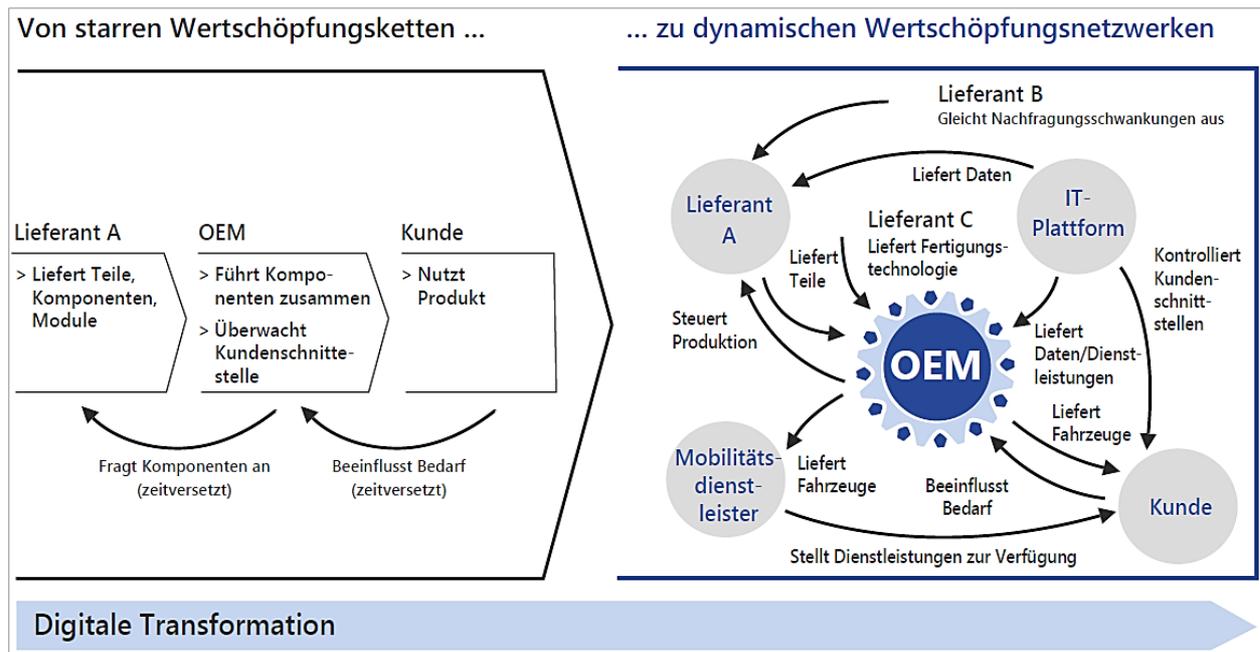


Abb. 14 Transformation zu dynamischen Supply Chain Networks, Quelle (Zillmann, 2016)

4.1 Rahmenbedingungen

Grundvoraussetzung für die umfassende Vernetzung zu cyber-physischen Systemen und unternehmensübergreifenden Supply Chain Networks ist die flächendeckende und ausfallsichere Verfügbarkeit von Breitbandnetzwerken hoher Qualität. Die Kommunikationsnetze müssen hinsichtlich ihrer garantierten Latenzzeiten, ihrer Ausfallsicherheit, ihrer Qualität und ihrer flächendeckenden Bandbreite ausgebaut werden.⁷¹ Davon ist natürlich auch das SCM abhängig, da die Kommunikation in einem Supply Chain Network entscheidend für die Effizienz und Performance ist. Gerade in Deutschland herrscht hier massiver Nachholbedarf, wie der internationale Vergleich der Internetgeschwindigkeit in Abbildung 15 zeigt.

⁶⁹ Vgl. (Hrsg. Roland Berger; BDI, 2015) S.17.

⁷⁰ Vgl. (Zillmann, 2016) S.7.

⁷¹ Vgl. (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) S.49.

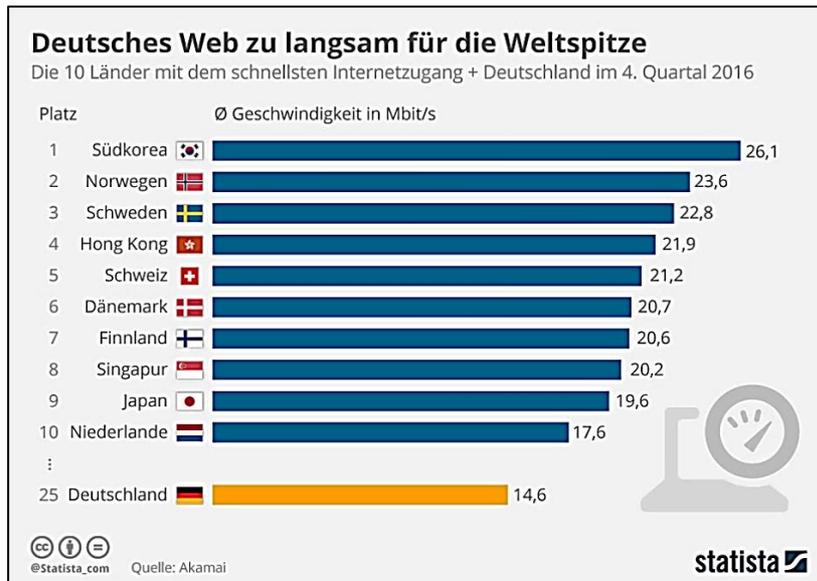


Abb. 15 Vergleich Internetgeschwindigkeit, Quelle (Statista.com, 2017)

Grundprinzipien sicherer Kommunikation⁷²

Die umfassende Kommunikation in einem Supply Chain Network erfordert Grundprinzipien, die den Ansprüchen an die Sicherheit gerecht werden.

- **Vertraulichkeit & Zugriffsschutz:** Nur autorisierte Teilnehmer sollen Zugriff auf Daten haben.
- **Datenintegrität:** Der Empfänger muss feststellen können, ob Informationen nachträglich verändert wurden und von wem.
- **Authentizität:** Der Empfänger muss klar erkennen können, wer der Absender von Informationen ist.
- **Verbindlichkeit:** Der Absender einer Information muss die Urheberschaft nachweisen können.
- **Anonymität:** Die Identität der Kommunikationsteilnehmer bleibt Dritten gegenüber geschützt.

Normen und Richtlinien⁷³

Um Netzwerke zu schützen und entsprechende Abwehrmaßnahmen einzurichten, wurden, basierend auf anerkannten Regeln der Technik, verschiedene Normen und Vorschläge entwickelt.

- **Lagebericht des Bundesamt für Sicherheit (BSI):** In dem Bericht werden Bedrohungen untersucht und bewertet, die durch Sicherheitslücken entstehen. Zudem werden Chancen und Risiken aufgezeigt, die beim Einsatz neuer Technologien entstehen können und Trends aus den Bereichen Wirtschaft, Gesellschaft, Technik und Recht präsentiert.
- **BSI-Standards, z.B. der Leitfaden IT-Sicherheit:** Enthält Empfehlungen des BSI zu Methoden, Prozessen und Verfahren, sowie Vorgehensweisen und Maßnahmen zum Thema Informationssicherheit.
- **DIN ISO 27000:** Die internationale Norm bietet die Grundlagen zum Aufbau eines IT-Sicherheitsmanagements. Auf Basis des IT-Grundschutzes des BSI kann das IT-Sicherheitsmanagement und IT-Sicherheitsmaßnahmen von einer Bundesbehörde, als neutrale Stelle, überprüft und bestätigt werden.

⁷² Vgl. (Manzei, Schlepner, & Heinze, 2016) L. Schlepner, S.189-190.

⁷³ Vgl. (Manzei, Schlepner, & Heinze, 2016) L. Schlepner, S.190-193.

- **VDI-Richtlinie 2182:** „Ziel der VDI-Richtlinie ist die Beschreibung einer Vorgehensweise, mit der die Informationssicherheit von automatisierten Maschinen und Anlagen durch die Umsetzung von konkreten Maßnahmen erreicht werden kann.“⁷⁴

Die Rahmenbedingungen für SCM 4.0 sind immer im Kontext zum gesamten Unternehmen und der Transformation zu Industrie 4.0 zu sehen.

4.2 Der Schlüssel zum Supply Chain Network 4.0

Die Transformation zu einem digitalen Supply Chain Network benötigt neue Ansätze und Tools, um die Vernetzung auch tatsächlich smart zu gestalten. Als Schlüsseltechnologien wurden bei einer branchenübergreifenden Studie von GT Nexus und Capgemini Consulting, bei der 337 Führungskräfte aus 20 Ländern interviewt wurden, Supply Chain Visibility Lösungen/Plattformen (94%), Big Data Analysen (90%), Simulationstools (81%) und die Cloud (80%) genannt.⁷⁵

- **Big Data**

Die Menge an Daten, die in cyber-physischen Systemen generiert und erfasst werden, benötigen Lösungen, um diese Daten zu sinnvollen Informationen und somit Wissen kanalisieren zu können, und dadurch ein digitales Abbild der realen Supply Chain zu erschaffen. Mit SAP HANA oder IBM Watson stehen bereits Plattformen zur Verfügung, mit denen aus Big Data sogenannte Predictive Analytics, also Vorhersageanalysen oder auch Simulationstools, erstellt werden können. Diese Programme sind in der Lage, große Mengen an strukturierten und unstrukturierten Daten auf bestimmte Muster zu prüfen und Hypothesen daraus abzuleiten. Diese Systeme können natürliche Sprache verstehen und sind in der Lage, durch einen Dialog zusätzliche Erkenntnisse zu gewinnen. Man spricht von kognitiven, also lernenden Systemen. Sie sind in der Lage, komplexe Fragestellungen zu bearbeiten und dabei die Informationen in einem größeren Kontext zu bewerten.⁷⁶

- **Cloud**

Die Cloud Technologie ermöglicht jedem Netzwerkteilnehmer den notwendigen Datenzugriff. Zudem wird für die Komponenten des cyber-physischen Systems Speicherkapazität und Rechenleistung bereitgestellt, sogenanntes Cloud Computing. Über die Cloud werden Software- und Servicedienste bereitgestellt. Dies spart Kosten und Platz, da die notwendige Sensorik und Elektronik an Komponenten wie Fördertechnikmodulen oder Transportbehältern auf ein Minimum reduziert werden kann.

- **Simulations- und Visibility Tools**

Das können z.B. Simulationen, Voraussagen zur Nachfrage, Kapazitätsauslastung, Risikoanalysen oder die Entwicklung von Lagerbeständen sein.

Relativ neu ist die Blockchain Technologie, die alle Schlüsseltechnologien vereint und dadurch der Schlüssel zum SCM 4.0 werden könnte. Deshalb wird die Blockchain Technologie im Folgenden detaillierter erläutert.

⁷⁴ (Manzei, Schlepner, & Heinze, 2016) L. Schlepner, S.192-193.

⁷⁵ Vgl. (GT Nexus; Capgemini Consulting, 2016) S.8.

⁷⁶ Vgl. (Manzei, Schlepner, & Heinze, 2016) N. Waser & R. Stuecka, S.51.

4.3 Blockchain

Blockchains sind dezentrale peer-to-peer Netzwerke, die Transaktionen verschlüsselt durchführen. Dabei werden die Daten der Transaktion in einer Datenbank, Blockchain genannt, transparent, nachvollziehbar und validiert erfasst. Wichtigstes Merkmal ist die Dezentralität der Blockchain. Bekannt ist diese Technologie durch das Bitcoin Netzwerk. In diesem Netzwerk werden Transaktionen mittels Tausch von Bitcoins durchgeführt. Bitcoins kann man an verschiedenen Handelsplätzen gegen herkömmliche Währung erwerben. Die Transaktionen werden durch das Netzwerk selbst validiert. Jede Transaktion wird verschlüsselt an alle Knoten (Nodes) des Netzwerkes gesendet, auf denen jeweils die gesamte Blockchain gespeichert ist. Da jede neue Transaktion eine Fortschreibung der Blockchain darstellt, prüft jeder Knoten die vorhergehenden Transaktionen auf Gültigkeit. Zur endgültigen Validierung muss die Transaktion dann noch in einen Block aufgenommen werden und ist danach Teil der Blockchain und nicht mehr umkehrbar.

Diese, sehr vereinfacht dargestellte, Funktionsweise der Blockchain Technologie könnte in Verbindung zu cyber-physischen Systemen ein entscheidender Ansatz zur erfolgreichen und wertschöpfungssteigernden Transformation zu kognitiven Supply Chain Networks im Rahmen von SCM 4.0 sein.

4.3.1 Smart Contracts

In dem Bitcoin Netzwerk geht es um Finanztransaktionen. In einem neueren Ansatz, z.B. Ethereum⁷⁷, wird die Blockchain eine Plattform zur Ausführung dezentraler Apps. Wichtiges Merkmal sind sogenannte Smart Contracts. Diese intelligenten Verträge sind Programme, die Vertragsbestimmungen enthalten und können Bestandteile des Vertrages bei Eintreffen eines vereinbarten Ereignisses selbständig ausführen, wobei für jede Transaktion eine Gebühr in Form der Kryptowährung „Ether“ berechnet wird.

Vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten sind:

- Direkte vertraglich geregelte Ausführung von Transaktionen zwischen Partnern mit automatischen Zahlungsvorgängen ohne die Notwendigkeit eines Treuhänders.
- Buchführung von Handelsdaten für vereinfachte Revisionen.
- Verzeichnis von Eigentumsrechten, z.B. öffentliches Kataster für Immobilien.
- Nutzungsabhängige Lizenzmodelle für z.B. Software.
- Leasingverträge für Fahrzeuge.⁷⁸

Diese Programme sind relativ einfach zu programmieren und beruhen, sehr vereinfacht dargestellt, auf dem IF→THEN Prinzip. So könnte z.B. geregelt werden, dass bei Erreichen eines bestimmten Lagerbestandes automatisch der Prozess zum Füllen des Lagers ausgelöst wird, was wiederum andere verknüpfte Smart Contracts betrifft und bei diesen Aktionen auslöst. Die Vernetzung und Komplexität ist dabei beliebig skalierbar und kann das gesamte Supply Chain Network abbilden.

IBM sieht in seiner Studie „Fast forward: Rethinking enterprises, ecosystems and economies with blockchains“ große Potenziale, gerade in Supply Chains. So könnten z.B.

- Startzeit und Gewicht eines Containers in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden.
- Die Herkunft von Waren besser validiert und nachverfolgt werden.

⁷⁷ Ethereum ist eine Plattform, ähnlich dem Bitcoin Netzwerk, auf dem zusätzlich smart contracts Applikationen laufen. Die smart contracts sind frei programmierbar und werden von keiner Instanz kontrolliert oder zensiert. Für jede Transaktion fallen Gebühren in Form der Kryptowährung Ether an. Vgl. (www.ethereum.org).

⁷⁸ Vgl. (Martins, 2016).

- Informationen zu Lagerkapazitäten geteilt werden.
- Frachtraum auf LKW's oder Schiffscontainern gemeinsam genutzt werden.
- Genauere Forecasts zu Bedarfen erstellt werden.⁷⁹

Eine Blockchain ist im Prinzip eine dezentrale Datenbank, auf der Transaktionen verschlüsselt in einem Hauptbuch (Ledger) gespeichert werden und in Echtzeit nachverfolgbar sind wie in einem Buchhaltungssystem. Durch die Fortschreibung des jeweiligen verschlüsselten Blocks (Transaktion) auf jedem im Netzwerk integrierten System werden die Daten fälschungssicher. Die Blockchain Technologie kann in einem Supply Chain Network Transparenz und Rückverfolgbarkeit schaffen. Wie unter 1.1.3 beschrieben sind in einem cyber-physischem System alle Objekte miteinander vernetzt und erzeugen enorme Mengen an Daten. Die Blockchain Technologie kann eine Möglichkeit sein, diese Daten zu kanalisieren, sicher allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen und dabei die Integrität der Daten zu gewährleisten. Jedem Teilnehmer des Netzwerkes werden die für ihn notwendigen Daten zur Verfügung gestellt. Das könnten z.B. Daten zum Status einer Lieferung, Lagerbestände, Produktionsstände, Bestellungen, Auftragsstatus u.v.m. sein. Als Beispiel können bei Rückrufaktionen oder Garantiefällen die betroffenen Objekte schnell und zweifelsfrei identifiziert und lokalisiert werden.

4.3.2 Schwachstellen und Risiken

Der freie Zugang (permissionless) zu den Netzwerken wie Bitcoin oder Ethereum stellt natürlich ein Sicherheitsrisiko dar. Zwar werden die Transaktionen wie beschrieben durch die Dezentralität quasi fälschungssicher, die Smart Contracts werden aber von Menschen programmiert und die machen bekanntlich Fehler.

In 2016 sammelte die, auf der Plattform Ethereum gegründete, DAO⁸⁰ (Decentralized autonomous organization) mehrere Millionen Euro in Form von Ether (Kryptowährung) ein. Ein Programmierer konnte ein Feature, welches Teil dieses Smart Contracts war, so ausnutzen, dass ein großer Teil des Vermögens an Ether auf sein Konto umgeleitet wurde.⁸¹

Ein weiteres Problem ist die mit zunehmender Länge der Blockchain erforderliche Rechenkapazität. Durch die ständige Fortschreibung der Transaktionen wird die Berechnung der Blockchain immer schwieriger. Dadurch steigt die Zeit zur Durchführung einer Transaktion.⁸²

Sogenannte permissioned Blockchains, also Netzwerke, die eine Zugangsberechtigung erfordern, können diese Sicherheitsrisiken ausschließen. Durch die erforderliche Zugangsberechtigung kann kontrolliert werden, wer an dem Netzwerk partizipiert, und jeder Beteiligte einer Transaktion ist identifizierbar. Durch die Begrenzung der Anzahl der Knoten in einem permissioned Network wird auch das Problem der erforderlichen Rechenkapazität skalierbar.

Die Industrie legt weiterhin sehr viel Wert auf Integrität und Vertrauen bei jeglichen Geschäftsbeziehungen. Die beiden bisher vorgestellten Konzepte einer Blockchain werden dem nicht gerecht.

⁷⁹ Vgl. (IBM, 2016) S.11.

⁸⁰ DAO-Dahinter steht die Idee einer vollkommen dezentralen und autonomen Organisation die sich durch die Blockchain Technologie selbst verwaltet und steuert. In einer Zeichnungsphase konnte jeder durch den Kauf sogenannter Token Teil und damit Mitbestimmungsberechtigt der DAO werden. (The DAO (organization), 2016).

⁸¹ Vgl. (The DAO (organization), 2016).

⁸² Vgl. (Martins, 2016).

4.3.3 Industrielle Anwendbarkeit der Blockchain Technologie

IBM hat zusammen mit der Linux Foundation und anderen Unternehmen das Hyperledger Project initiiert. Dieses Konzept ist speziell auf business-to-business und business-to-customer Transaktionen ausgerichtet. Während der „traditionelle“ Ansatz einer Blockchain vollkommene Offenheit, Dezentralität und Zugang für jedermann proklamiert, wird im Ansatz des Hyperledger Project den Anforderungen, vor allem in Bezug auf Vertrauenswürdigkeit, Integrität und Geheimhaltung der Industrie Rechnung getragen.

Die Ziele des Hyperledger Project sind:

- Breite Anwendungsmöglichkeiten für verschiedene Anforderungen zu schaffen.
- Einhalten der gesetzlichen Rahmenbedingungen.
- Identifizierbarkeit der Teilnehmer sicher zu stellen.
- Transaktionen vertrauenswürdig und diskret auszuführen.
- Kontrollierte Zugangsberechtigungen.
- Eine leistungsfähige, skalierbare, auditierbare und sichere Blockchain.⁸³

Das Konzept des Hyperledger Project geht davon aus, dass mehrere Blockchains mit jeweils eigenen Zielen und Interessen parallel existieren werden, die dennoch miteinander kommunizieren und agieren können (siehe Abbildung16).⁸⁴

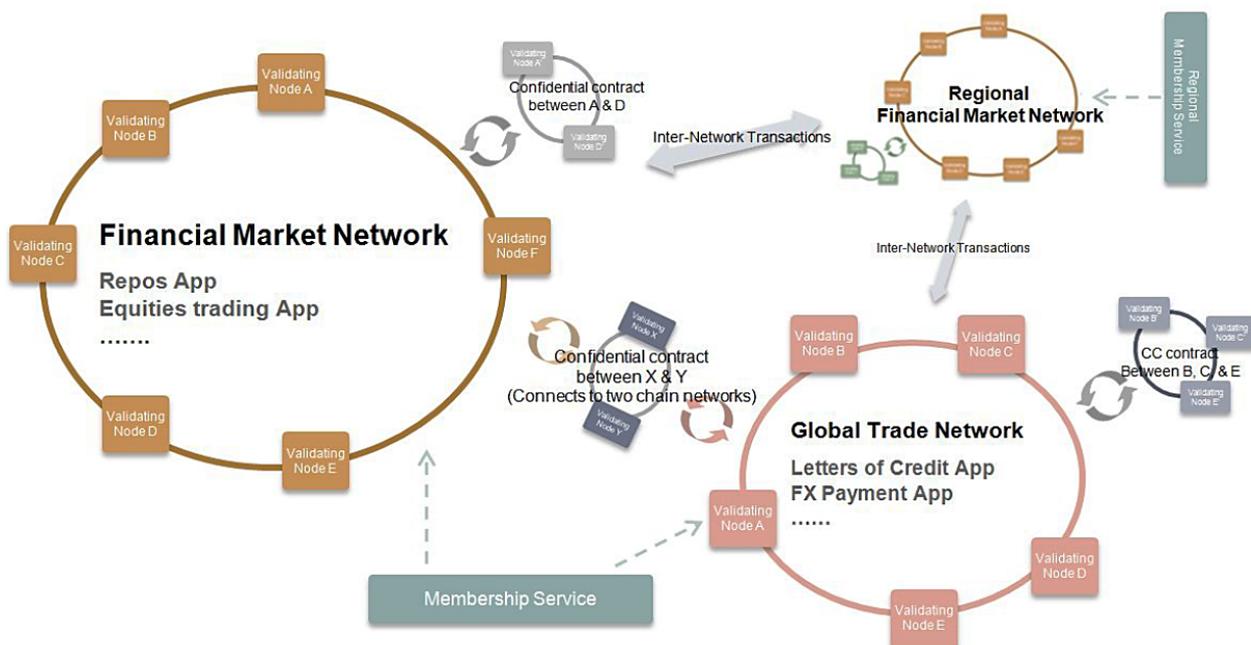


Abb. 16 A world of many blockchain networks, Quelle (Hyperledger Project, 2016) S.3

Permissioned Network

Wichtigstes Differenzierungsmerkmal ist der **nicht** freie Zugang zum Netzwerk. Das bedeutet, dass alle Teilnehmer sich bei Zutritt zum Netzwerk bei einer zentralen Stelle authentifizieren müssen. Von einem sogenannten Mitgliedschaftsservice werden die Identitäten der Teilnehmer über eine Zertifizierungsstelle verwaltet und Rollen

⁸³ Vgl. (IBM Blockchain basics, 2016) S.4.

⁸⁴ Vgl. (Hyperledger Project, 2016) S.3.

zugeordnet.⁸⁵ Alle Netzwerkknoten (Nodes) werden von bekannten Organisationen betrieben. Durch die begrenzte Anzahl an Knoten kann auch die Leistungsfähigkeit des Netzwerkes sichergestellt werden.

Chaincode

Smart Contracts regeln Transaktionen und sind somit ebenfalls wichtiger Bestandteil des Konzepts. Sie werden in dem Whitepaper definiert als „...self-executing agreements between parties that have all relevant covenants spelled out in code, are settled automatically, and can be dependent upon future signatures or trigger events.“⁸⁶

Smart Contracts werden im Hyperledger Konzept "chaincode" genannt. Im Unterschied zu den Smart Contracts können chaincodes in jeder üblichen Programmiersprache geschrieben werden.⁸⁷ Anders als in dem Ethereum Netzwerk fallen keine Gebühren für das Ausführen von Transaktionen an.

Ledger

Wie bei den vorher beschriebenen Konzepten werden auch bei Hyperledger alle Transaktionen dezentral in einem Ledger (Hauptbuch) fortgeschrieben. Dieses gemeinsam genutzte Ledger sorgt als „Single source of truth“ für Datengleichheit und protokolliert fortlaufend alle validierten Transaktionen. Abweichungen werden durch den Konsensabgleich auf den Nodes (Knoten) aufgelöst. Der Konsensabgleich ist ein Protokoll, der die Reihenfolge der Transaktionen im Blockchain Network verwaltet. Sogenannte validierende Nodes werden durch implementieren des Konsensprotokolls gemeinsam zum Genehmigen von Transaktionen verwendet. Konsens wird dadurch erreicht, dass immer eine gewisse Anzahl von Nodes der Transaktionsreihenfolge zustimmen muss, bevor die Transaktion in einem Block fortgeschrieben wird. Sollte kein Konsens erreicht werden, wird die Transaktion gelöscht und nicht ins Ledger geschrieben. Transaktionen, die einmal ins Ledger geschrieben wurden, können nicht mehr gelöscht oder rückgängig gemacht werden. Folgen einer fehlerhaften Transaktion können nur durch Folgetransaktionen wieder verändert werden. Jeder Teilnehmer verfügt über eine Kopie des gesamten Ledger, wobei er jeweils nur Zugriff auf die Transaktionen hat, an denen er beteiligt ist.⁸⁸

Das Hyperledger Konzept ermöglicht Transaktionen, die vollkommen unzugänglich für Dritte sind, wodurch auch vertrauliche Daten Gegenstand einer Transaktion sein können.

Netzwerkarchitektur am Beispiel der IBM Blockchain

Aufbauend auf dem Hyperledger Konzept hat IBM die IBM-Blockchain entwickelt. Im Folgenden wird anhand Abbildung 17 die Funktionsweise der IBM Blockchain Netzarchitektur erklärt:

1. Ein registrierter Benutzer trägt sich beim Netz über die PKI (Mitgliedschaftsservices) ein und erhält ein langfristiges Eintragungszertifikat (eCert - Enrollment Certificate) und einen Stapel Transaktionszertifikate (tCerts - Transaction Certificates).
2. Der Benutzer stellt den Chaincode im Netz bereit. Vom Chaincode (Smart Contract) werden die Geschäftslogik oder Regeln für die Regulierung eines bestimmten Transaktionstyps codiert. Für jede Transaktion (Bereitstellen, Aufrufen oder Abrufen) ist ein eindeutiges tCert erforderlich, das mit dem privaten Schlüssel des Benutzers signiert sein muss. Vom Benutzer wird der private Schlüssel von den zugewiesenen tCerts abgeleitet.
3. Der Benutzer ruft den Smart Contract auf, von dem der Vertrag zur Selbstaussführung seiner codierten Logik ausgelöst wird.

⁸⁵ Vgl. (IBM Blockchain, 2016).

⁸⁶ (Hyperledger Project, 2016) S.8.

⁸⁷ Vgl. (Hyperledger Project, 2016).

⁸⁸ Vgl. (IBM Blockchain, 2016).

4. Eine Transaktion wird an einen Netzpeer gesendet. Sobald der Peer die Transaktionsanforderung erhält, übergibt er die Anforderung an den primären Peer im Netz (VP1 in Abbildung 17). Der primäre Peer sortiert einen Block aus Transaktionen und sendet diese Reihenfolge an die anderen Peers.
5. Von den Peers wird das Netzkonsensprotokoll (PBFT⁸⁹) für die Zustimmung zur Reihenfolge der übergebenen Transaktionen verwendet. Dieser Prozess zum kollektiven Sortieren von Transaktionen wird als Konsens bezeichnet.
6. Sobald die Peers einen Konsens erreicht haben, wird die Transaktionsanforderung ausgeführt und der Block wird an das gemeinsam genutzte Hauptbuch angehängt.⁹⁰

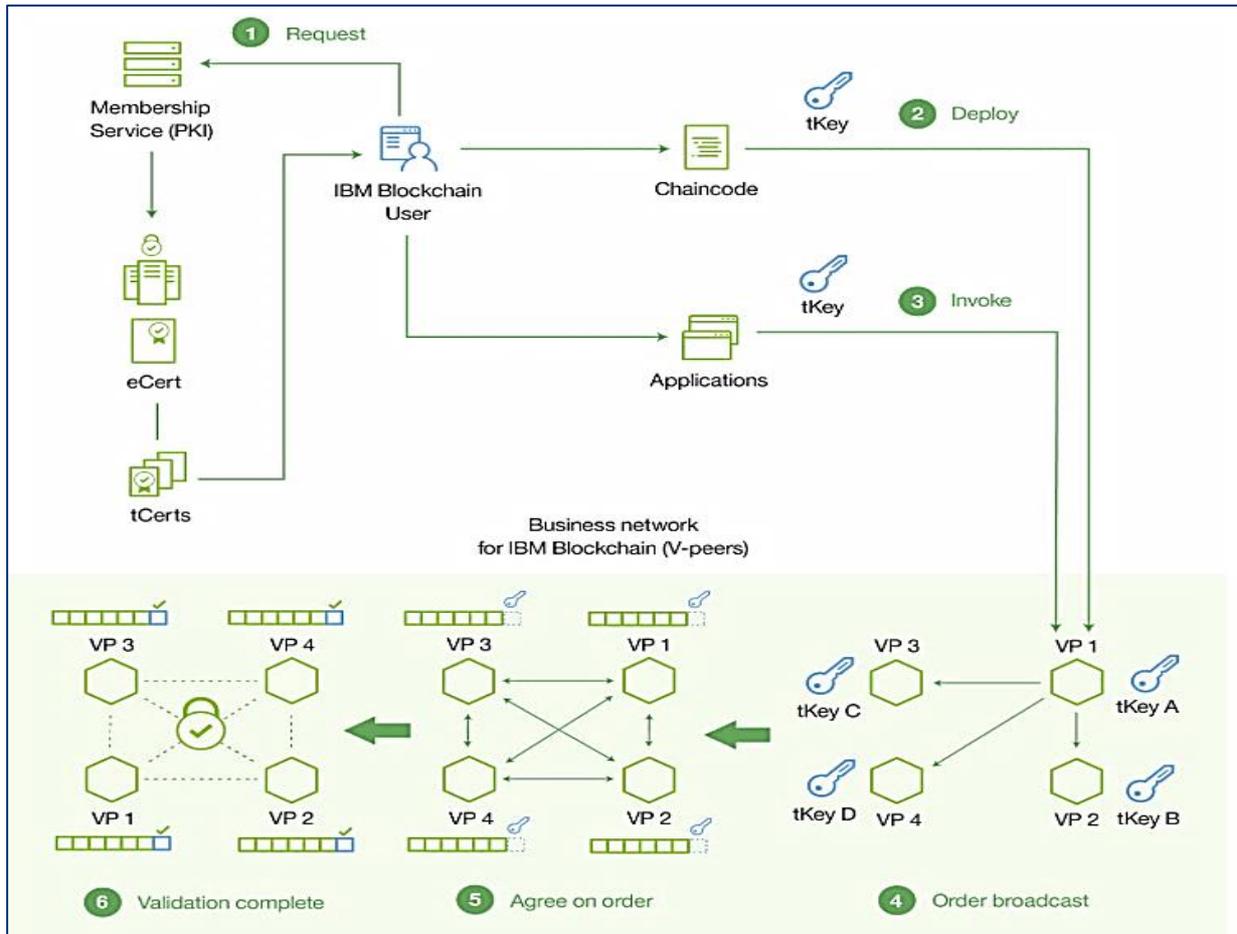


Abb. 17 Netzarchitektur IBM Blockchain, Quelle (IBM Blockchain Netzarchitektur, 2016)

4.3.4 Anwendung der Blockchain Technologie im SCM 4.0

Die Anwendungsmöglichkeiten in einem Supply Chain Network sind vielfältig, und es scheint, dass die Blockchain Technologie geradezu dafür entwickelt wurde.

Die Blockchain Technologie ermöglicht den Teilnehmern eines Supply Chain Networks:

- Rohmaterialbedarfe einzustellen und den Verlauf der Bedarfe nachvollziehen zu können.

⁸⁹ Practical Byzantine Fault Tolerance – Version eines Konsensprotokolls, das die Aufgabe hat, die Reihenfolge der Transaktionen in einem Blockchain-Netz ungeachtet eventueller Risiken aufrecht zu erhalten. Vgl.

(https://console.ng.bluemix.net/docs/services/blockchain/etn_pbft.html) abgerufen am 17.3.2017.

⁹⁰ Vgl. (IBM Blockchain Netzarchitektur, 2016).

- Telemetrie-Daten der Teilefertigung aufzuzeichnen und zur Verfügung zu stellen.
- Die Sendungsverfolgung und die Rückverfolgbarkeit von Waren.
- Durchgehende und unveränderliche Aufzeichnung der Produkthistorie durch alle Baugruppen und Instanzen, wie Produktion und Lager bis zum Endverbraucher.
- Bestellvorgänge zu automatisieren und abzuwickeln.
- Automatisierte Vergabe von Transportaufträgen.
- Routenoptimierung durch effiziente Planung.⁹¹

4.3.5 Anforderungen des SCM 4.0 an die Blockchain Technologie

Um die Blockchain Technologie in einem Supply Chain Network zu integrieren, müssen Anforderungen erfüllt sein, wie sie bei jeder geschäftlichen Transaktion erforderlich sind.

Vertrauenswürdigkeit

Akteure eines Netzwerkes müssen darauf vertrauen können, dass die integrierte Blockchain alle Transaktionen zuverlässig nach den Vorgaben und getroffenen Vereinbarungen ausführt. Das Netzwerk muss gegen unbefugten Zugriff geschützt sein, um sicherzustellen, dass keine internen Daten nach außen dringen oder Außenstehende Einfluss auf Transaktionen nehmen können. Es muss sichergestellt werden, dass alle Teilnehmer des Netzwerkes den gleichen Stand des dezentralen Ledger haben um Konsens zu schaffen.

Identifizier- und Auditierbarkeit

Gesetzliche Rahmenbedingungen und sonstige gültige Vorschriften müssen eingehalten werden. Alle Transaktionen müssen wie in regulären ERP-Systemen belegbar und nachvollziehbar bleiben, um durch Wirtschaftsprüfer auditierbar zu sein. Teilnehmer müssen eindeutig identifizierbar sein, um genau nachvollziehen zu können, wer an einer Transaktion beteiligt ist.

Vertraulichkeit

In so einem Netzwerk werden in der Regel mehrere Unternehmen beteiligt sein, die zum Teil auch untereinander konkurrieren, z.B. mehrere Zulieferer eines Unternehmens. Dabei ist es wichtig, die Daten, welche zwischen einzelnen Unternehmen im Zuge einer Transaktion ausgetauscht werden, gegen den Zugriff anderer Unternehmen des Netzwerkes zu schützen. Die Blockchain muss also die Möglichkeit bieten, die Identität und die Bedingungen einer Transaktion und eines Smart Contracts Dritten, auch Teilnehmern desselben Netzwerkes, unzugänglich zu machen.⁹²

Performance

Die Leistungsfähigkeit des Systems muss gewährleisten, dass das System immer allen Teilnehmern zur Verfügung steht und Transaktionen in angemessener Zeit durchgeführt werden können.

Die Entwicklung der industriellen Anwendbarkeit der Blockchain Technologie steht noch am Anfang und wird vermutlich vorerst durch große Konzerne integriert werden. IBM will mit seiner IBM-Blockchain Vorreiter sein und wird kommerzielle Lösungen für die Industrie anbieten. Die Blockchain scheint auch zu dem Konzept des Industrial Data Space zu passen, was aber durch eine tiefergehende Untersuchung zu belegen wäre.

⁹¹ Vgl. (Hyperledger Project, 2016) S.6.

⁹² Vgl. (Hyperledger Project, 2016) S.7.

5. Roadmap SCM 4.0

Die digitale Transformation zu Industrie 4.0 muss aus Sicht des gesamten Unternehmens betrachtet werden. Die separate Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 in einzelnen Unternehmensbereichen würde zwangsläufig nicht gelingen und keine Mehrwerte erzeugen. Somit kann auch die Transformation zu SCM 4.0 nur im Kontext und als integrierter Teil des Entwicklungsprozesses zu Industrie 4.0 eines Unternehmens gesehen werden. Es muss eine Gesamtstrategie für das Unternehmen entwickelt werden, die übergeordnet den Rahmen und das Ziel vorgibt. Daraus lassen sich im Anschluss konkrete Projekte zur Einführung und Umsetzung ableiten.

Um nun eine Roadmap für das SCM zu erarbeiten wird wie folgt vorgegangen.

1. Beschreibung einer Methode zur Standortbestimmung, um zu analysieren, welchen Stand das SCM in der Entwicklung zu Industrie 4.0 hat.
2. Zielbestimmung und Ideenfindung, um einen Rahmen festzustellen, in dem das SCM Zielerreichungsmaßnahmen festlegen kann.
3. Vorschlag, wie die erarbeitete Strategie durch Maßnahmen umgesetzt und SCM 4.0 eingeführt werden kann.

Es sei nochmal darauf hingewiesen, dass die im Folgenden erarbeitete Roadmap SCM 4.0 immer im Kontext einer Gesamtstrategie Industrie 4.0 eines Unternehmens zu sehen ist und sich in diesem Rahmen bewegen muss. Alle Ziele und Maßnahmen müssen mit allen Bereichen eines Unternehmens abgestimmt und harmonisiert sein.

5.1 Standortbestimmung

Um eine Strategie zu entwickeln und ein Zielmodell zu definieren, ist eine Analyse der eigenen Ausgangslage und des Umfeldes erforderlich. Das SCM muss zuerst bestimmen, ob und inwieweit es bereits Prozesse entwickelt und integriert hat, die den Merkmalen der Industrie 4.0 (siehe 1.1.2) entsprechen. Zudem muss der Grad der Vernetzung zu einem cyber-physischen System festgestellt werden. Dazu eignet sich das von Kaufmann beschriebene Industrie 4.0 Reifegradmodell, da es genug Freiraum zur individuellen Gestaltung bietet und somit bereichsspezifische Aspekte bewertet werden können.⁹³ Dazu werden Kategorien gebildet und durch sechs Reifegrade bewertet:

- **Reifegrad 0:** keine Ausprägung
- **Reifegrad 1:** erste Konzepte
- **Reifegrad 2:** erste Ansätze
- **Reifegrad 3:** erste Integrationsansätze für einzelne Prozesse
- **Reifegrad 4:** starke Ausprägung mit einzelnen Schwächen
- **Reifegrad 5:** Merkmale Industrie 4.0 voll umgesetzt⁹⁴

⁹³ Vgl. (Kaufmann, 2015) S.32.

⁹⁴ Vgl. (Kaufmann, 2015) S.33.

Um nun ein SCM 4.0 Reifegradmodell zu ermitteln, werden die Anforderungen aus Kapitel 2 als Kategorien genommen und Bewertungsstufen definiert.

Reifegrad	Daten- und Informationsmanagement
0	Kein Daten- und Informationsmanagement.
1	Erste Konzepte zu Datenaustausch und Sicherheit.
2	Erste Ansätze zu Bildung von Supply Chain Networks und einem unternehmensübergreifenden Datenaustausch.
3	Erste Daten online abrufbar, wie z.B. Lagerbestände, Warenverfügbarkeit und Lieferzeiten.
4	Aus Big Data generierte Informationen in einem Supply Chain Network in Echtzeit verfügbar.
5	Kognitives Datenmodell, welches aus Big Data relevante Informationen generiert und die Steuerung und Planung des cyber-physischen Systems, auf Grundlage der Mission des Supply Chain Networks, vornimmt.
Fördertechnik und Transporteinheiten	
0	Keine Erfassung von Daten zu Fördertechnik oder Transporteinheiten.
1	Erste Konzepte zur Datenerfassung und zur Anbindung ans ERP-System.
2	Erste Ansätze zu Positions- und Kapazitätsdatenerhebung sowie virtuelle Abbildung der Fördertechnikmodule und Transporteinheiten.
3	Betriebsinterne automatisierte Steuerung der Transporte und vollständig virtuell abgebildet.
4	Fördertechnik und Transporteinheiten des Supply Chain Networks umfassend mit Sensorik ausgestattet. Daten zu Position, Kapazität und Routenplanung in Echtzeit abrufbar. Vollständig in einem cyber-physischen System abgebildet.
5	Alle Transporteinheiten und die gesamte Fördertechnik des Supply Chain Networks sind vernetzt und tauschen in Echtzeit Daten zu Position, Kapazität, Lagerbestand und Routenplanung aus.
Planung und Steuerung	
0	Deterministische, zentrale Planung im ERP-System ohne Anbindung.
1	Erste Konzepte zur Anbindung von Anlagen, Lager und Fördertechnik an das ERP-Planungssystem.
2	Anlagen, Lager und Fördertechnik online mit dem ERP-System verknüpft. Zentrale Planung und Steuerung.
3	Einbindung externer Daten aus dem Supply Chain Network in Planung und Steuerung. Beispielsweise Warenverfügbarkeit, Lieferzeiten und Bedarfe.
4	Dezentrale Steuerung, Planung, Kapazitätsauslastung und Routenplanung werden durch das cyber-physische System weitgehend autonom durchgeführt. Der Mensch greift nur noch bei Störungen ein.
5	Das cyber-physische System trifft selbstständig alle Entscheidungen, im gesamten Supply Chain Network, in Echtzeit, dezentral und auf Basis lokaler Informationen. Das überlagerte normative SCM erhält nur noch Informationen, die gebraucht werden um übergeordnete Entscheidungen zu treffen.
Mensch	
0	Keine Kenntnisse über Wissensstand der Mitarbeiter zu Industrie 4.0.
1	Erste Konzepte zum Ermitteln des Wissensstands und Qualifizierungsbedarfs.
2	Qualifizierungsbedarf ermittelt.
3	Qualifizierungsplan erstellt und breites Verständnis und Akzeptanz zu Industrie 4.0 geschaffen.
4	Mitarbeiter entsprechend ihren Aufgaben geschult und notwendige Weiterbildungen abgeschlossen.
5	Mitarbeiter umfassend im cyber-physischen System integriert.

Reifegrad	Organisation und Arbeitsplatzgestaltung
0	Manuelle Tätigkeiten, feste Arbeitszeiten und starre Organisation.
1	Erste Konzepte zur flexiblen Arbeitszeitgestaltung.
2	Flexible Arbeitszeitgestaltung und erste Ansätze zu dezentraler Aufgabenverteilung.
3	Erweiterung des Aufgaben- und Verantwortungsbereichs, je nach Aufgabengebiet Schaffung der Möglichkeit von Home Office.
4	Manuelle Tätigkeiten auf notwendiges Minimum reduziert. Mitarbeiter sind untereinander über Social Media Plattformen vernetzt und können standortunabhängig kommunizieren.
5	Technik, Organisation und Mitarbeiter sind systematisch aufeinander abgestimmt. Hohes Maß an selbstverantwortlicher Autonomie und dezentraler Führungs- und Steuerungsform.

Der Punkt Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit wurde bewusst ausgelassen, da davon auszugehen ist, dass die Anforderungen in dieser Hinsicht dem aktuellen Stand des Reifegrades mindestens entsprechen. Und selbstverständlich müssen schutz- und sicherheitsrelevante Aspekte bei der Entwicklung zu Industrie 4.0 beachtet werden.

Die hier dargestellte Kategorisierung soll beispielhaft als eine mögliche Form zur Reifegradermittlung dienen. Sie kann beliebig erweitert, verfeinert und skaliert werden. Unternehmensspezifische Anforderungen und Gegebenheiten können dadurch berücksichtigt werden. Anhand des Mittelwertes kann nun der Reifegrad bestimmt werden.

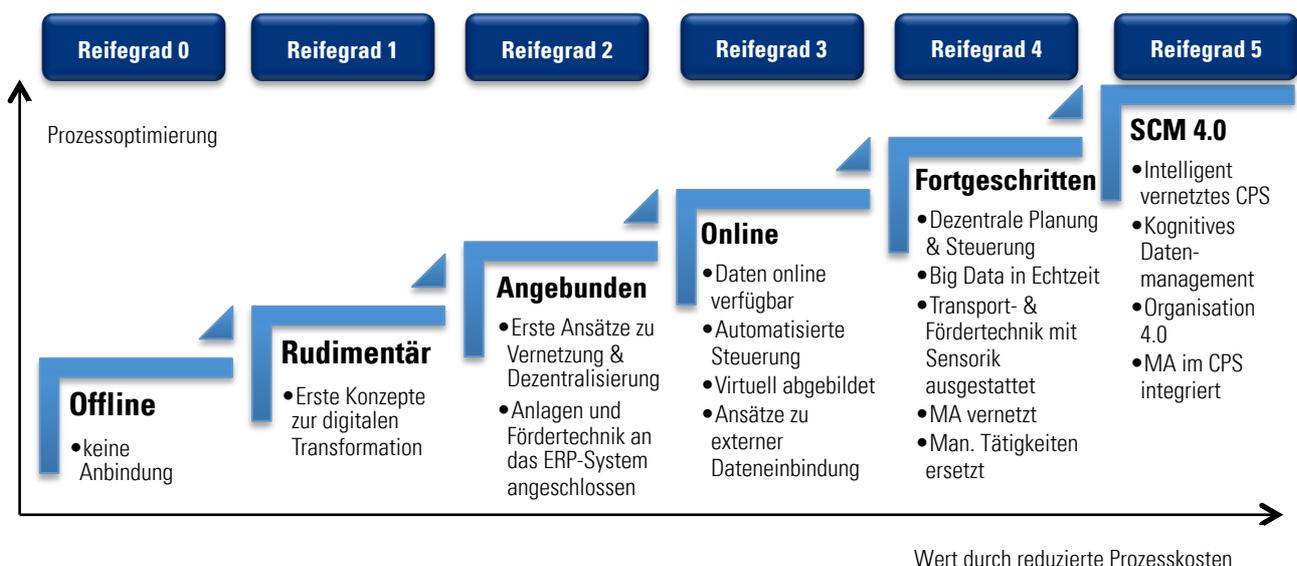


Abb. 18 Reifegradmodell SCM 4.0, abgewandelt nach (Kaufmann, 2015) S.32

5.2 Zielbestimmung & Ideenentwicklung

Auf Grundlage des ermittelten Reifegrades erfolgt dann die Zielbestimmung, bei der festgelegt wird, bis zu welchem Grad sich das SCM entwickeln möchte. Dabei ist es auch vorstellbar, die Entwicklung nur in einzelnen Kategorien zu forcieren und den Reifegrad punktuell zu erhöhen. Nochmals sei darauf hingewiesen, dass die Zielbestimmung des SCM den Zielen des Unternehmens unterzuordnen und danach auszurichten ist.

Vier Entwicklungsszenarien sind denkbar:

1. Keine Entwicklung notwendig, da schon Reifegrad 5 erreicht ist. In diesem Fall gilt es zu prüfen, ob zusätzliche Potenziale durch Prozessoptimierung zu heben sind.
2. Keine Entwicklung, da auf Grundlage der Unternehmensstrategie entschieden wird, dass keine Steigerung des Reifegrades notwendig ist.
3. Stufenweise Entwicklung. Dabei erfolgt die Entwicklung von einem Reifegrad zum nächsten und bis zum festgelegten Zielreifegrad.
4. Entwicklung zum Zielreifegrad über mehrere Stufen.

Die Bestimmung des Zielreifegrads richtet sich an der Strategie und den Zielen des Unternehmens aus. Der SCM Zielreifegrad muss so bestimmt werden, dass er in die Gesamtentwicklungsstrategie Industrie 4.0 des Unternehmens integrierbar ist und bestmöglich zur Erreichung der gesetzten Unternehmensziele beiträgt.

Ist das Ziel bestimmt, geht es an die Ideenfindung zur Umsetzung, davon ausgehend, dass eine Entwicklung zu SCM 4.0 vorangetrieben werden soll. SCM 4.0 steht hier nicht stellvertretend für den Reifegrad 5, sondern allgemein bezogen im Zusammenhang zu Industrie 4.0. Es ist durchaus denkbar, dass ein Unternehmen für sich beispielsweise den Reifegrad 3 als Ziel setzt und dennoch von einer Entwicklung zu SCM 4.0 gesprochen wird.

Zur Ideenfindung bietet sich ein Workshop an, bei dem die Teilnehmer heterogen gewählt werden sollten, sodass jede Arbeits- und Führungsebene vertreten ist. Die Aufgabenstellung des Workshops sollte dabei weder zu allgemein noch zu speziell formuliert werden. In mehreren Runden werden Ideen gesammelt, kombiniert und nach und nach aussortiert. Die Ideen können nach den definierten Reifegradkategorien strukturiert werden. Dadurch können Teilkonzepte in den verschiedenen Kategorien entstehen, die am Ende des Prozesses zu einem SCM 4.0 Konzept kombiniert werden. Theoretisch können so auch zwei oder mehr Konzepte entstehen.

Zur Bewertung und Konkretisierung des erarbeiteten Konzeptes eignet sich das Canvas Business Modell.

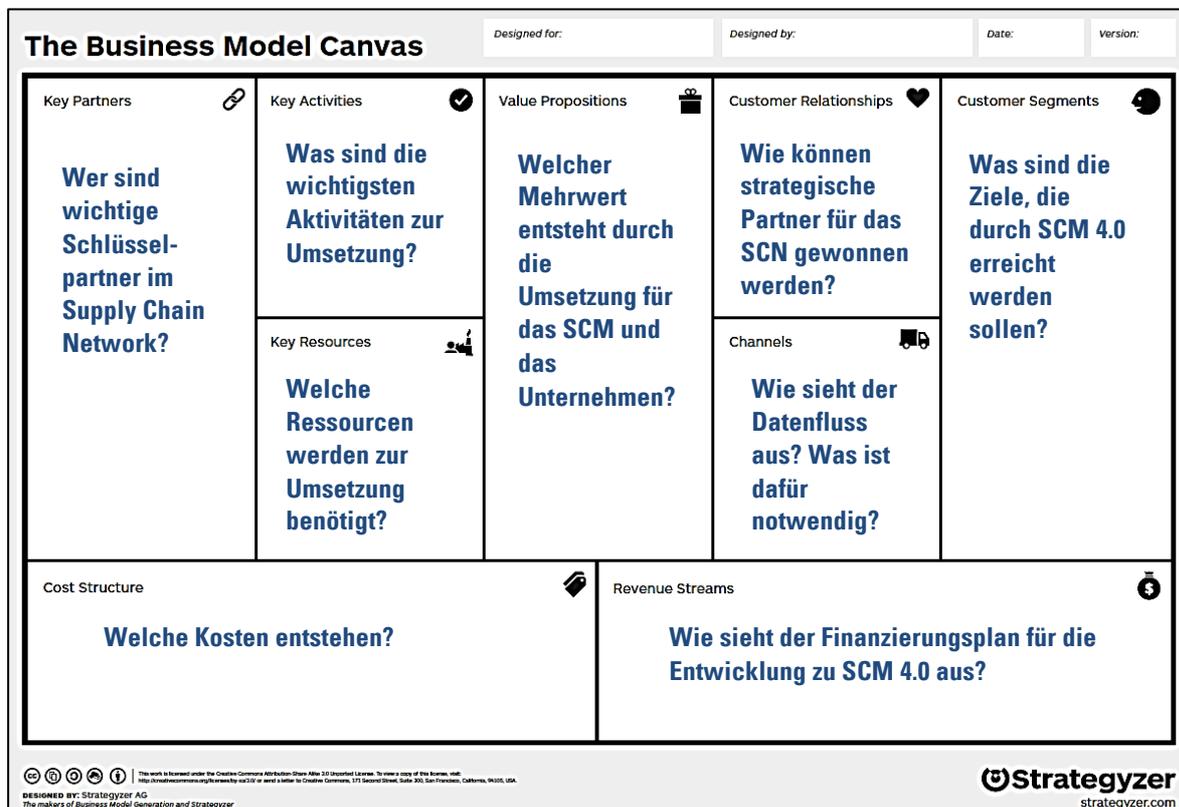


Abb. 19 Canvas Business Modell, Quelle (Strategyzer.com, 2017) SCN=Supply Chain Network

Obwohl das Canvas Modell hauptsächlich für die Anwendung neuer Geschäftsmodelle entwickelt wurde, eignet es sich auch zur Konzeptentwicklung und -bewertung eines SCM 4.0 Modells. Alle neun Faktoren lassen sich auf ein Supply Chain Network anwenden, wobei der Faktor Customer Segments abgewandelt werden kann in die Ziele, die durch SCM 4.0 erreicht werden sollen (siehe Abbildung 19).

5.3 Umsetzung und Einführung

Das Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA hat einen 7-stufigen Einführungsprozess entwickelt, der Unternehmen aufzeigen soll wie man Konzepte und Technologien der Industrie 4.0 in der Wertschöpfung und den Produktionssystemen verankern kann.⁹⁵

Dieser Prozess eignet sich auch zur Einführung und Verankerung eines SCM 4.0 Modells. Im Folgenden wird der 7-stufige Einführungsprozess abgewandelt, um auf die Einführung SCM 4.0 anwendbar zu sein. Die Standortbestimmung, die Zielbestimmung und Ideenfindung sowie die Modellentwicklung werden in den Prozess integriert.

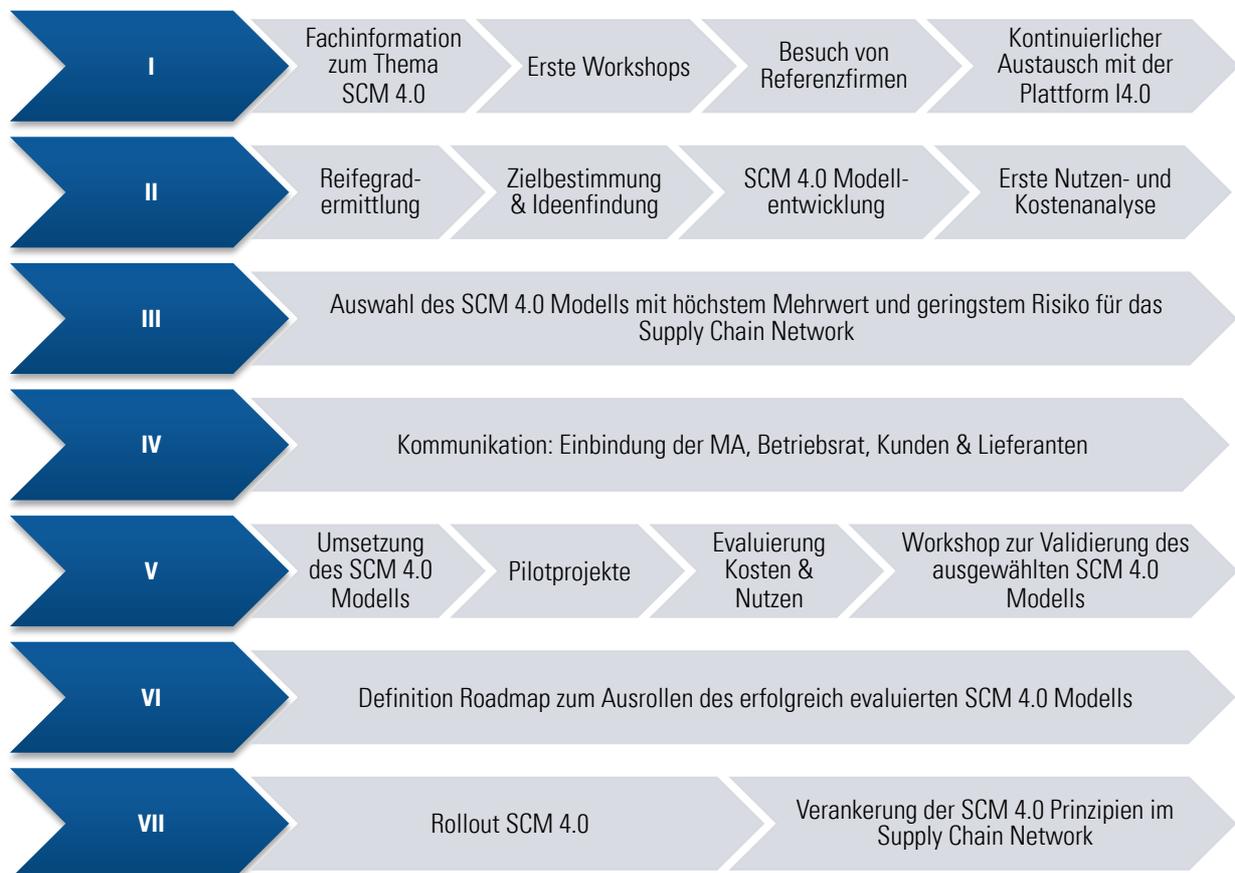


Abb. 20 7-stufiger Einführungsprozess SCM 4.0, abgewandelt nach (Fraunhofer-IPA, 2014)

⁹⁵ Vgl. (Fraunhofer-IPA, 2014).

- **Stufe I** befasst sich mit der Beschaffung und Erarbeitung von Grundlagenwissen rund um das Thema SCM 4.0, um eine theoretische Basis zu schaffen, auf der ein Modell SCM 4.0 entwickelt werden kann.
- **Stufe II** beinhaltet die eigene Standortbestimmung mittels einer Reifegradermittlung. Darauf aufbauend wird das Ziel bestimmt und ein oder mehrere SCM 4.0 Modelle erarbeitet, sowie eine erste Kosten/Nutzen Abschätzung durchgeführt.
- **Stufe III** befasst sich dann ausschließlich mit der Auswahl eines SCM 4.0 Modells. Diese Stufe ist äußerst entscheidend für die erfolgreiche Einführung. Zusätzlich zu den Kriterien Mehrwert und Risiko sollte auch die Situation und das Umfeld des eigenen Unternehmens betrachtet und in die Entscheidung mit einbezogen werden. Wird ein Modell gewählt, das nicht auf das Unternehmen anwendbar ist, wird die Umsetzung und Einführung mit hoher Wahrscheinlichkeit scheitern. Neben hohen Kosten kann auch ein enormer Image-schaden bei Mitarbeitern, Kunden und Lieferanten entstehen, welcher sich dann negativ auf einen erneuten Versuch einer Einführung SCM 4.0 auswirken könnte. Wird kein passendes SCM 4.0 Modell identifiziert, muss der Einführungsprozess hier abgebrochen und in Stufe I wieder neu gestartet werden.
- **Stufe IV** stellt das ausgewählte SCM 4.0 Modell dann der Belegschaft und dem Betriebsrat vor. Es scheint sinnvoll, den Betriebsrat bereits in die Auswahl eines Modells in Stufe III mit einzubeziehen. Wichtig ist auch das Einbeziehen von Lieferanten und Kunden, da sie Teil des Supply Chain Networks sind oder werden sollen.⁹⁶
- **Stufe V** kann als Pilotphase betrachtet werden, in der das Modell durch Pilotprojekte validiert wird und eine abschließende Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt wird.
- **Stufe VI** definiert dann eine Roadmap zum Ausrollen des evaluierten SCM 4.0 Modells.
- **Stufe VII** beinhaltet dann die endgültige Einführung und Umsetzung sowie die Verankerung der SCM 4.0 Prinzipien in allen Prozessen des Supply Chain Network.

Entscheidend für den Erfolg ist Stufe III, dementsprechend sollten sich Verantwortliche mit dem Prozess der Auswahl eines Modells intensiv auseinandersetzen.

Anhand dieses Prozessmodells können sich Supply Chain Manager und Verantwortliche orientieren. Die verschiedenen Aspekte der SCM 4.0 Entwicklung können so objektiv eingeschätzt und die Einführung systematisch geplant und umgesetzt werden.

⁹⁶ Je nach Situation eines Unternehmens werden verschiedene „Machtpositionen“ herrschen, von denen abhängt, inwieweit man Vorgaben machen kann. In vielen Fällen könnte eine Kooperation bei der Entwicklung eines SCM 4.0 Modells mit den Key-Customers und –Suppliern von Vorteil sein. Die einheitliche Einführung eines Modells bei allen beteiligten Unternehmen eines Supply Chain Networks wird vermutlich nicht umsetzbar sein, da viele Unternehmen an z.T. konkurrierenden Netzwerken partizipieren.

6. Fazit

Die Entwicklung zu Industrie 4.0 nimmt großen Einfluss auf das Supply Chain Management und bietet große Potenziale zur Optimierung der Supply Chain. Gerade dem SCM werden neue Anforderungen gestellt, um bei der globalen Vernetzung der Supply Chains nicht den Anschluss zu verlieren. Die Vernetzung zu cyber-physischen Systemen erzeugt große Menge an Daten, Big Data, aus denen die richtigen Informationen gewonnen werden sollten. Industrie 4.0 wird Einfluss auf den Arbeitsalltag, die Organisation und die Mitarbeiter nehmen. Gleichzeitig birgt die Entwicklung allerdings auch Risiken, die durch die umfassende Vernetzung zu cyber-physischen Systemen entstehen. Vor allem das Thema Datensicherheit spielt, gerade in Deutschland, eine große Rolle. Neue Technologien, wie die Blockchain, stehen noch am Anfang der Entwicklung, werden aber schnell Einfluss auf das industrielle Umfeld und somit auch auf das Supply Chain Management nehmen.

Aufgabe dieser Arbeit war es, die Anforderungen, welche an das SCM gestellt werden, zu ermitteln und den Potenzialen die Risiken entgegen zu halten und zu beschreiben. Zudem sollte ein Weg aufgezeigt werden, wie das SCM, als Teil der digitalen Transformation eines Unternehmens, die Entwicklung zu Supply Chain Management 4.0 angehen kann. Dazu wurden die SCM spezifischen Anforderungen aus verschiedenen wissenschaftlichen Quellen ermittelt, kompakt zusammengefasst und beschrieben.

Aus Studien und Umfragen verschiedener anerkannter Institute wurden die Vorteile und Potenziale vorgestellt. Die potenziellen Risiken und Herausforderungen konnten beschrieben werden. Die Themen IT-Sicherheit und Datenschutzrecht konnten aufgrund ihrer Komplexität nur sehr kompakt dargestellt werden.

Des Weiteren wurde erläutert, was die Entwicklung Industrie 4.0 für das Supply Chain Management bedeutet, welche Rahmenbedingungen herrschen müssen und was die Schlüsseltechnologien sind. Während der Recherche konnte die Blockchain als relativ neue Technologie identifiziert werden. Ob diese Technologie sich ebenfalls zu einer Schlüsseltechnologie entwickeln wird bleibt abzuwarten. Firmen wie IBM und SAP scheinen jedenfalls überzeugt, dass die Blockchain in naher Zukunft wesentlichen Einfluss auf die Industrie, und im Besonderen auf Supply Chain Networks, nehmen wird. Hier sind weitergehende Studien notwendig, um das tatsächliche Nutzungspotenzial für die Industrie nachzuweisen und konkrete Anwendungsmöglichkeiten zu entwickeln. Auch die Blockchain Technologie muss, vor allem im Bereich der Anwenderfreundlichkeit, weiterentwickelt werden, da momentan die Anwendung ohne Programmierkenntnisse unmöglich ist. Das System der Blockchain ist sehr komplex, selbst Experten haben nach eigener Aussage lange gebraucht, um sie zu verstehen. In der vorliegenden Arbeit wurde in das Thema Blockchain kompakt eingeführt und die potenziellen Möglichkeiten aufgezeigt.

Abschließend wurde eine Roadmap zur Einführung und Umsetzung SCM 4.0 vorgestellt. Auf Grundlage von Vorschlägen aus der Literatur zur Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 in Unternehmen, wurde durch Anpassung der vorgeschlagenen Methoden eine Roadmap entwickelt, die Supply Chain Managern und Verantwortlichen als grober Leitfaden für die Entwicklung und Umsetzung eines SCM 4.0 Modells dienen kann. Die Roadmap wurde allgemein gehalten, sie ist allerdings individuell anpassbar, um unternehmensspezifische Aspekte berücksichtigen zu können.

Das Thema Industrie 4.0 ist sehr komplex und hat weitreichenden Einfluss auf alle Bereiche eines Unternehmens. Die vorliegende Arbeit kann dahingehend als kritisch betrachtet werden, da die Themenbereiche sehr kompakt gehalten wurden und nicht abschließend alle Aspekte von Industrie 4.0 berücksichtigt werden konnten. Beispielsweise fanden das von der Plattform I4.0 entwickelte Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)⁹⁷ und die vom Industrial

⁹⁷ Ein 3D-Modell, dass Industrie 4.0 für ein Unternehmen anhand der drei Achsen Layers, Life Cycle und Hierarchy Levels, durch die verschiedenen Sichtweisen, Wertschöpfungsketten und Funktionalitäten, abbildbar machen. Vgl. (Plattform-Industrie-4.0, 2015) S.42.

Internet Consortium vorgestellte Industrial Internet Architecture (IIRA)⁹⁸ keine Berücksichtigung, da eine Betrachtung und Bewertung bezogen auf den Bereich des Supply Chain Managements zu umfangreich ist und eine separate Bearbeitung notwendig macht. Die Themen IT-Sicherheit und Datenschutzrecht bedürfen aufgrund ihrer Sicherheitsrelevanz einer weitaus intensiveren Bearbeitung. Unternehmen müssen in diesen Bereichen tiefergehende Studien durchführen, um alle Aspekte zu berücksichtigen und ggf. die Fachexpertise Dritter hinzuziehen.

Mit der Blockchain Technologie konnte ein relativ neues Thema vorgestellt werden, welches noch nicht weitverbreitet ist. Die Arbeit konnte aufzuzeigen, was auf das SCM durch Industrie 4.0 zukommt, und durch die Entwicklung einer Roadmap einen Weg beschreiben, wie die Einführung eines SCM 4.0 Modells gelingen kann.

⁹⁸ Ein Modell, dass die Sichtweisen und Bedürfnisse der verschiedenen Stakeholders eines Industrial Internet of Things (IIoT) Systems betrachtet. Vgl. (IIC-Industrial Internet Consortium, 2017) S.11.

7. Literaturverzeichnis

- Aberdeen Group. (2013). *Supply Chain Visibility: A Critical Strategy to Optimize Cost and Service*. Abgerufen am 28. April 2017 von http://www.gs1.org/docs/visibility/Supply_Chain_Visibility_Aberdeen_Report.pdf
- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D., & Ganschar, O. (2014). *Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Berlin; Stuttgart: BITKOM; FraunhoferIAO.
- Bauernhansl, T., Hommel, M. t., & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer.
- Bmwi. (2017). www.bmwi.de. Abgerufen am 12. März 2017 von <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Industriation-Deutschland/strukturelle-entwicklungen.html>
- C.Evans, P., & Annunziata, M. (2012). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. Abgerufen am 19. April 2017 von www.ge.com: https://www.ge.com/europe/downloads/IndustrialInternet_AEuropeanPerspective.pdf.
- Deutsche Telekom. (2015). *Cyber Security Report 2015*. Abgerufen am 17. April 2017 von <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/cyber-security-report-2015--sind-cyber-angriffe-das-groesste-risiko-fuer-industrie-4-0--349260>
- Dream Car Bericht. (2015). *Industrie 4.0 Controlling im Zeitalter der intelligenten Vernetzung*. Ideenwerkstatt Internationaler Controller Verein.
- European A.T.Kearney/WHU Logistics Study. (2015). *Digital Supply Chains: Increasingly Critical for Competitive Edge*. Abgerufen am 07. April 2017 von <https://www.atkearney.de/documents/856314/6443127/Digital+Supply+Chains.pdf/e101a0d8-ef48-463d-a21c-e3697a9bbb16>
- Fraunhofer. (2017). www.iml.fraunhofer.de. Abgerufen am 25. März 2017 von https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b1/automation_eingebettete_systeme/Produkte/IntelligenterBehaelter.html
- Fraunhofer-IPA. (2014). *Einführungsprozess in 7 Stufen*. Abgerufen am 2017. Juni 02 von https://www.ipa.fraunhofer.de/de/ueber_uns/Leitthemen/industrie-4-0/dienstleistungen-und-services/einfuehrungsprozess.html
- GE; Accenture. (2014). *Industrial Internet Insights Report for 2015*. Abgerufen am 24. März 2017 von <http://www.iiconsortium.org>: <https://www.gesoftware.com/sites/default/files/industrial-internet-insights-report.pdf>
- Göpfert, I. (2013). *Logistik, Führungskonzeption und Management von Supply Chains, 3., aktualisierte und erw. Aufl.*. München: Vahlen.
- GT Nexus; Capgemini Consulting. (2016). *Digitale Transformation der Supply Chain - Stand heute und in 5 Jahren*. Abgerufen am 01. Mai 2017 von <http://mktforms.gtnexus.com/rs/979-MCL-531/images/GTNexus-Digitale-Transformation-der-Supply-Chain%E2%80%93Stand-heute-und-in-5-Jahren.pdf>

- Günthner, W., & ten-Hompel, M. (2010). *Internet der Dinge in der Intralogistik*. Heidelberg: Springer Verlag Berlin.
- henry-ford.net. (2017). *www.henry-ford.net*. Abgerufen am 12. März 2017 von <http://www.henry-ford.net/deutsch/biografie.html>
- Hrsg. Roland Berger; BDI. (2015). *Die Digitale Transformation der Industrie*. Abgerufen am 05. April 2017 von BDI-Bundesverband der Deutschen Industrie: http://bdi.eu/media/user_upload/Digitale_Transformation.pdf
- Hrsg., Kersten, W., Koller, H., & Lödding, H. (2014). *Industrie 4.0 Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern*. Berlin: GITO Verlag.
- Hyperledger Project. (2016). *Hyperledger Whitepaper*. Abgerufen am 27. März 2017 von <http://www.the-blockchain.com/docs/Hyperledger%20Whitepaper.pdf>
- IBM. (2016). *Fast forward - Rethinking enterprises, ecosystems and economies with blockchains*. Abgerufen am 28. März 2017 von <https://www-935.ibm.com/services/us/gbs/thoughtleadership/blockchain/>
- IBM Blockchain. (03. 11 2016). *IBM Bluemix Docs*. Abgerufen am 26. 03 2017 von https://console.ng.bluemix.net/docs/services/blockchain/ibmblockchain_overview.html
- IBM Blockchain basics. (2016). *Blockchain basics: Introduction to distributed ledgers*. Abgerufen am 29. März 2017 von <https://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-blockchain-basics-intro-bluemix-trs>
- IBM Blockchain Netzarchitektur. (03. 11 2016). *IBM Bluemix Docs*. Abgerufen am 11. 04 2017 von https://console.ng.bluemix.net/docs/services/blockchain/etn_overview.html
- IIC-Industrial Internet Consortium. (2017). *The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture*. Abgerufen am 22. April 2017 von https://www.iiconsortium.org/IIC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf
- Industrialdataspace.org. (2017). *www.industrialdataspace.org*. Abgerufen am 22. März 2017 von http://www.industrialdataspace.org/industrial-data-space/#_erfolgsfaktoren
- Kagermann, Wahlster, & Helbig. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Plattform Industrie 4.0.
- Kaufmann, T. (2015). *Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Köhler-Schute, C. (2015). *Industrie 4.0: Ein praxisorientierter Ansatz*. Berlin: KS-Energy-Verlag.
- Kurbel, K. (2016). *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie 8.Auflage*. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- Manzei, Schlepner, & Heinze. (2016). *Industrie 4.0 im internationalen Kontext*. Berlin: VDE VERLAG GMBH; Beuth Verlag GmbH.
- Martins, F. P. (2016). *Die Blockchain als Business-Treiber*. Abgerufen am 14. April 2017 von www.com-magazin.de: <http://www.com-magazin.de/praxis/business-it/blockchain-business-treiber-1137246.html>
- Otto, Auer, Cirullies, Jürgens, Menz, Schon, et al. (2016). *Industrial Data Space - Digitale Souveränität über Daten*. München: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- Otto, B. (2016). *Digitale Souveränität*. Dortmund: Fraunhofer-Institut für Software und Systemtechnik.
- Plattform-i40.de. (2017). *www.plattform-i40.de*. Abgerufen am 22. März 2017 von <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html>

- Plattform-Industrie-4.0. (2015). *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*. BITKOM e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V.
- PricewaterhouseCoopers. (2014). *Industrie 4.0 - Chance und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*. Abgerufen am 21. April 2017 von <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>
- Roth, A. (2016). *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*. Leinfelden-Echterdingen, Deutschland: Springer Gabler.
- Schlund, D. S., Hämmerle, M., & Strölin, T. (2014). *Industrie 4.0 - Eine Revolution der Arbeitsgestaltung*. Ulm: Auftraggeber Ingenics AG, Auftragsbearbeitung Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation Stuttgart.
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., & Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Statista.com. (2017). *Das Staistik-Portal*. Abgerufen am 06. April 2017 von <https://de.statista.com/infografik/1064/top-10-laender-mit-dem-schnellsten-internetzugang/>
- Strategyzer.com. (2017). *CANVAS Business Model*. Abgerufen am 23. Mai 2017 von www.strategyzer.com/canvas
- The DAO (organization). (2016). *The DAO (organization)*. Abgerufen am 07. April 2017 von https://en.wikipedia.org/wiki/The_DAO_%28organization%29
- VDI/VDE. (2015). *Industrie 4.0 - Technical Assets - Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung*. Düsseldorf: VDI/VDE Gesellschaft.
- wikipedia.org. (2017). *www.wikipedia.org*. Abgerufen am 12. März 2017 von <https://de.wikipedia.org/wiki/Flie%C3%9Fbandfertigung>
- Zillmann, M. (2016). *Keine Industrie 4.0 ohne Digitalisierung der Supply Chain*. Abgerufen am 05. April 2017 von Lünenonk GmbH: http://lunenonk-shop.de/out/pictures/0/lue_whitepaper_lhis_sc_f300816_fl.pdf