

Fakultät Maschinenbau

IT IN PRODUKTION UND LOGISTIK



Masterthesis

**Entwicklung einer Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0
in Supply-Chain-Netzwerken unter Berücksichtigung einer möglichen
Wettbewerbsverlagerung auf Supply-Chain-Ebene**

vorgelegt von

Tobias Horenkamp

Wirtschaftsingenieurwesen

Matrikelnr. 144406

- 1. Betreuer: Prof. Dr. -Ing. Markus Rabe
- 2. Betreuer: M. Sc. Astrid Klüter

ausgegeben am: 17. Oktober 2016

eingereicht am: 31. März 2017

Inhalt

Inhalt	i
Tabellenverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
2 Supply-Chain-Management im Kontext der Wettbewerbsverlagerung	3
2.1 Definition Supply Chain	3
2.2 Grundlagen des Supply-Chain-Managements	6
2.3 Ziele und Aufgaben des Supply-Chain-Managements	9
2.4 Probleme des Supply-Chain-Managements	14
2.5 Netzwerke als Grundlage des Supply-Chain-Managements.....	16
2.5.1 Definition des Netzwerkbegriffs im Rahmen des Supply-Chain-Managements	16
2.5.2 Ansätze zur Entstehung von Netzwerken	18
2.5.3 Koordinationsformen und -instrumente von Netzwerken.....	20
2.5.4 Erscheinungsformen von Netzwerken in einer Supply Chain und ihre Eigenschaften..	21
2.5.5 Aktuelle und prognostizierte Situationen des Supply-Chain-Managements im Netzwerk unter Berücksichtigung der Konkurrenzsituation	23
3 Industrie 4.0	28
3.1 Begriffsbestimmung von Industrie 4.0	28
3.2 Technologieansätze von Industrie 4.0 in einer Supply Chain.....	30
3.3 Anwendungsbeispiele von Industrie 4.0.....	36
4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation	41
4.1 Szenarien von Konkurrenz in einer Supply Chain in Abhängigkeit des Netzwerktyps	41
4.2 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation vertikaler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur	43
4.3 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation horizontaler Netzwerke mit polyzentrischer Koordinationsstruktur	55
4.4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation lateraler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur	67
5 Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 im Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation	77

5.1	Nutzwertanalyse der Technologien in Abhängigkeit der Netzwerkstruktur.....	77
5.2	Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0.....	86
6	Ausblick und Zusammenfassung	88
7	Literaturverzeichnis	90
Anhang	93
Eidesstaatliche Versicherung	94

Tabellenverzeichnis

TABELLE 4.1: ÜBERSICHT DER AUSWIRKUNGEN VON INDUSTRIE 4.0 AUF VERTIKALE NETZWERKE MIT HIERARCHISCH-PYRAMIDALER KOORDINATIONSSTRUKTUR	55
TABELLE 4.2: ÜBERSICHT DER AUSWIRKUNGEN VON INDUSTRIE 4.0 AUF HORIZONTALE NETZWERKE MIT POLYZENTRISCHER KOORDINATIONSSTRUKTUR	67
TABELLE 4.3: ÜBERSICHT DER AUSWIRKUNGEN VON INDUSTRIE 4.0 AUF LATERALE NETZWERKE MIT HIERARCHISCH-PYRAMIDALER KOORDINATIONSSTRUKTUR	76
TABELLE 5.1: GEWICHTUNG DER EINZELNEN AUSWIRKUNGEN DER EINGESETZTEN TECHNOLOGIEN	82
TABELLE 5.2: VERTIKALE NETZWERKE MIT HIERARCHISCH PYRAMIDALER KOORDINATIONSSTRUKTUR	83
TABELLE 5.3: NUTZWERTANALYSE HORIZONTALER NETZWERKE MIT POLYZENTRISCHER KOORDINATIONSSTRUKTUR.....	84
TABELLE 5.4: NUTZWERTANALYSE LATERALER NETZWERKE MIT HIERARCHISCH-PYRAMIDALER KOORDINATIONSSTRUKTUR.....	85
TABELLE 5.5: NETZWERKE, TECHNOLOGIEN UND IHR GESAMTNUTZWERT.....	87

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 4.1: ZUORDNUNG VON NETZWERKSTRUKTUREN ZU PROGNOSTIZIERTEN ARTEN DER SC-KONKURRENZ	43
ABBILDUNG 4.2: KREISLAUF VON VERTRAUEN UND POSITIVER ZUSAMMENARBEIT	53
ABBILDUNG 5.1: VORGEHENSWEISE BEI DER NUTZWERTANALYSE	78
ABBILDUNG 5.2: ZUORDNUNG DER AUSWIRKUNGEN DER TECHNOLOGIEN ZU KATEGORIEN	80

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
ATP	Available-to-Promise
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
CFRP	Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment
CPS	Cyber-Physical-System
CTP	Capable-to-Promise
ECR	Efficient Consumer Response
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
JIT	Just in Time
KMU	Klein- und mittelständische Unternehmen
M2M	Mashine-to-Mashine
MES	Manufacturing Execution System
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PaaS	Platform-as-a-Service
SaaS	Software-as-a-Service
SC	Supply Chain
SCE	SC-Execution
SCM	Supply-Chain-Management
QR	Quick-Response
VMI	Vendor Managed Inventory
VR	Virtual Reality

1 Einleitung

Die erste industrielle Revolution, die insbesondere durch die Erfindung und Verbesserung der Dampfmaschine, aber auch durch andere Gegebenheiten initiiert wurde, setzte in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in England ein. Die darauf folgende zweite industrielle Revolution in Form der Elektrifizierung sowie die dritte industrielle Revolution, deren Hauptmerkmal die Digitalisierung ist, führten zu der gegenwärtigen wirtschaftlichen und technologischen Situation (vgl. Obermaier 2016, S. 2 f.).

Diese zeichnet sich durch eine zunehmende Globalisierung aus, die stetig an Bedeutung gewinnt und zur Folge hat, dass schützende geographische Vorteile wegfallen sowie die Zahl globaler Konkurrenten zunimmt (vgl. Brüggemann, Bremer 2012, S. 1). Die benannten Veränderungen wirken sich auf das Netz von Lieferketten, die auch als Supply Chains (SC) bezeichnet werden, aus. Dies zeigt sich insofern, als dass die strategische Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen einen besonderen Stellenwert einnimmt, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können.

Neben der Globalisierung der Märkte und dessen Auswirkungen kündigt sich eine weitere Neuerung an, die als vierte industrielle Revolution betitelt wird. Sie zeichnet sich durch eine Vernetzung zwischen und innerhalb von Industriebetrieben mittels Cyber-Physischer Systeme (CPS) aus und wird durch das Projekt ‚Industrie 4.0‘ seitens der Bundesregierung unterstützt (vgl. Obermaier 2016, S. 3 f.). Da die vierte industrielle Revolution erst seit kurzem Einzug in die Industriebetriebe hält, gibt es bisweilen kein einheitliches Konzept für den Einsatz und die Nutzung von Industrie-4.0-Konzepten sowie -Technologien, wenngleich die technologischen Konzepte selbst größtenteils einsatzbereit scheinen (vgl. Köhler-Schute 2015, S. 17). Die genannte Globalisierung der Märkte birgt sowohl Chancen als auch Risiken für Industriebetriebe. Einerseits werden Unternehmen durch unbegrenzte Kommunikations- und Transportmöglichkeiten in die Lage versetzt neue Märkte für Absatz und Beschaffung zu erschließen und damit neue Gewinne zu erwirtschaften. Andererseits stehen diese Möglichkeiten auch konkurrierenden Unternehmen offen, sodass die Wettbewerbssituation verschärft wird. Gleichzeitig können neben Unternehmen auch Kunden diese neuen Technologien nutzen und ihre Ware weltweit beziehen (vgl. Bleher 2014, S.1). Ein Resultat der Globalisierung ist folglich, dass Unternehmen einer Vielzahl von Konkurrenten gegenüberstehen, die laut Bleher hinsichtlich ihrer Kapitalausstattung sowie der Arbeitskosten aus einem völlig anderen Umfeld stammen, sodass der Wettbewerbsdruck enorm ansteigt (vgl. Bleher 2014, S.1).

Eine weitere Entwicklung mit Bezug auf das Supply-Chain-Management (SCM) stellt der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt dar (vgl. Scherm, Pietsch 2007, S.173).

Die Orientierung der Verkäufer an den Wünschen der Kunden impliziert eine Individualisierung der Produkte sowie eine Erhöhung der Produkt- und Erzeugnisvielfalt. Diese zunehmende Vielfalt führt nicht nur zu einer Steigerung der Komplexität bezüglich der betrieblichen Organisation und des Produktionssystems, sondern auch im Hinblick auf die Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten (vgl. Bleher 2014, S. 1)..

Durch die zunehmende Erzeugnis- und Variantenvielfalt steigt die Zahl der an der Wertschöpfung beteiligten Zulieferer an, was folglich ebenfalls zu einer Steigerung des Koordinationsaufwands führt. Zeitgleich findet eine Verkürzung des Produktionslebenszyklus statt, wodurch die einzelnen Aufgaben, von der Entwicklung bis zur Serienproduktion, zeitlich näher beieinanderliegen bzw. sogar parallel ablaufen. Resultierend daraus werden die Strukturen der SC-Netzwerke bezüglich des Austauschs von Informationen, Waren und Finanzmitteln stetig komplexer (vgl. Mau 2003, S. 2 ff.). Neben dieser Problematik existiert die bereits beschriebene Unsicherheit von Unternehmen beim Einsatz technologischer Konzepte, die im Zuge der vierten industriellen Revolution zur Verfügung stehen (vgl. Obermaier 2016, S. 5 ff.).

Es wird ersichtlich, dass Unternehmen einer Vielzahl von Herausforderungen gegenüberstehen, die sich sowohl auf die einzelnen Unternehmen selbst als auch auf die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit beziehen. Obwohl eine Kooperation zwischen Angehörigen eines SC-Netzwerks zur gemeinschaftlichen Lösung der Probleme beitragen könnte, separieren sich Unternehmen weiterhin und es besteht eine kompetitive statt kooperative Grundhaltung. In der Automobilindustrie werden beispielsweise Kosten und Risiken sowie Absatzrisiken von den Automobilherstellern auf Zulieferer übergewälzt (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 14).

Das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit besteht in der Entwicklung einer Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 in Unternehmen unter der Berücksichtigung einer möglichen Wettbewerbsverlagerung. Die Darstellung der aktuellen Konkurrenzsituation zwischen Unternehmen dient als Grundlage zur Analyse der möglichen Wettbewerbsverlagerung und repräsentiert somit ein weiteres Ziel dieser Arbeit. Des Weiteren sollen Probleme im SCM aufgedeckt und konkrete Anwendungsbeispiele für Industrie 4.0 Technologien in Unternehmen sowie SCs aufgezeigt werden. Als weiteres Ziel gilt es, Aussagen über die Auswirkungen des Einsatzes neuer Technologien im Zuge der vierten industriellen Revolution auf die Wettbewerbssituation innerhalb und zwischen SCs zu tätigen.

In Anbetracht der Zielerreichung wird die Arbeit in vier Arbeitsbereiche gegliedert. Der erste Abschnitt behandelt die zum Verständnis notwendigen fachwissenschaftlichen Grundlagen hinsichtlich des SCMs. In diesem Kontext werden Netzwerktheorien und die aktuelle Konkurrenzsituation zwischen Unternehmen sowie SCs aufgegriffen. Dies dient der Förderung des Verständnisses und schafft einen Überblick über die gegenwärtige Situation im SCM. Ergänzend hierzu stellen Netzwerktheorien und verschiedene aktuelle Netzwerkformen einen wichtigen Aspekt für die Analyse des Einflusses von Industrie 4.0 auf das SCM und eine mögliche Wettbewerbsverlagerung dar.

Der zweite Arbeitsbereich befasst sich mit Industrie 4.0 sowie konkreten Anwendungsmöglichkeiten der Technologien der vierten industriellen Revolution. Dies stellt einen wichtigen Aspekt dieser Arbeit dar, da sich durch die Kombination dieses Bereichs mit den Grundlagen des SCMs, die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das SCM unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation bestimmen lassen.

Das Ergebnis dieses Arbeitsbereichs dient im Folgenden dazu, die einzelnen Technologien mit Hilfe einer Nutzwertanalyse zu bewerten, um anschließend eine Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 aussprechen zu können. Den Abschluss der vorliegenden Arbeit bilden eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

2 Supply-Chain-Management im Kontext der Wettbewerbsverlagerung

2.1 Definition Supply Chain

Die Globalisierung wurde in den vergangenen zwei Jahrzehnten durch die grundlegende Veränderung eines Wertschöpfungsverständnisses seitens der Unternehmen vorangetrieben. Während in der Vergangenheit die Sichtweise dominierte, dass die Wertschöpfung an den Unternehmensgrenzen beginnt und endet, existiert heute Konsens darüber, dass sie entlang der gesamten Lieferkette, das bedeutet vom Rohstofflieferanten bis hin zum Endkunden, stattfindet (vgl. Baumgarten 2004, S. 51 f.).

Diese veränderte Sichtweise und das Verständnis der Unternehmen für die Wertschöpfung führten dazu, dass sich einzelne Unternehmen, national wie auch international, zu organisierten Netzwerken zusammenschlossen, um wirtschaftliche Vorteile zu nutzen. Eben diese Wertschöpfungsnetzwerke werden in der Literatur als ‚Supply Chains‘ bezeichnet. Bei der Betrachtung eines einzelnen Unternehmens innerhalb der SC, wird dies als ‚fokales Unternehmen‘ betitelt. Aus Sicht des auserwählten Unternehmens befinden sich stromabwärts Kunden, die mittelbar oder unmittelbar beliefert werden und stromaufwärts Lieferanten, von denen das fokale Unternehmen direkt oder indirekt beliefert wird (vgl. Stewens 2005, S. 16).

In der Literatur finden sich zahlreiche Definitionen des SC-Begriffs. Im Rahmen dieser Arbeit soll von folgender Definition einer SC in Anlehnung an Göpfert und Stewens ausgegangen werden:

„Unter einer SC wird eine interorganisationale Wertschöpfungskette verstanden, die vom Rohstoffproduzenten bis zum Endkunden reicht und sich durch Güter-, Informations-, Finanzmittel-, Entwicklungs- und Rechtf Flüsse auszeichnet“ (vgl. Göpfert 2004, S. 30; vgl. Stewens 2005, S. 86 ff.).

Es wird ersichtlich, dass sich eine SC durch die unterschiedlichen Objektflüsse kennzeichnet. Dabei handelt es sich um Güter-, Finanz-, Informations-, Entwicklungs- und Rechtf Flüsse, die im Folgenden konkreter erläutert werden (vgl. Stewens 2005, S. 87).

Physischer Fluss

Der physische Fluss umfasst sowohl Material- als auch Warenströme, deren Komplexität aufgrund der steigenden Anzahl von Zukaufteilen und -komponenten enorm zugenommen hat. Weiteren Einfluss auf diese Komplexitätszunahme übt die Entwicklung der regionalen und globalen Märkte aus (vgl. Stewens 2005, S. 88).

Im Gegensatz dazu geht man im SCM in Anbetracht des Güterflusses jedoch von einem nach Möglichkeit „ununterbrochenen, reibungslosen physischen Fluss“ (Stewens 2005, S. 88) aus. Dieser erstreckt sich in diesem Zusammenhang über die gesamte Wertschöpfungskette, beginnend bei der Quelle, daher der Rohstoffgewinnung, bis hin zur Senke, dem Endkunden. Voraussetzungen für einen reibungslosen und ununterbrochenen physischen Fluss sind koordinierte Produktions- und

Transportkapazitäten sowie assimilierte Produktions- und Transportprozesse entlang der Material- und Warenströme. Zusätzlich hierzu dürfen keine durch Unsicherheit innerhalb der Organisation bedingten Bestände existieren. Des Weiteren sollten für einen reibungslosen Fluss an bedeutsamen Punkten in der SC Bevorratungsebenen zwischen den Unternehmen abgestimmt werden (vgl. Stewens 2005, S. 88).

Auf den ersten Blick scheint der physische Fluss nur stromabwärts in eine Richtung, das meint von der Rohstoffgewinnung zum Endkunden, zu verlaufen. Bei detaillierter Betrachtung erkennt man jedoch, dass eine Rückführung neuer sowie gebrauchter Produkte und Produktteile ebenfalls möglich ist. Diese können entweder wieder in die Wertschöpfungskette einfließen oder endgültig aus dieser herausfallen (vgl. Stewens 2005, S. 88).

Bezüglich der Rückführung ist es wichtig festzuhalten, dass sich diese unähnlich dem stromabwärts gerichteten physischen Fluss verhält. Die Durchflussmengen und -geschwindigkeiten der beiden physischen Flüsse weichen in den meisten Fällen voneinander ab, weshalb für sie unterschiedliche Kanäle Verwendung finden (vgl. Stewens 2005, S. 88).

Ein weiterer Aspekt besteht darin, dass sich der stromabwärts gerichtete Fluss häufig an der Marktnachfrage orientiert und auf Grund dessen mittels Pull-Prinzip gesteuert werden kann. Dahingegen fließen Produkte nur mittels gesetzlicher Regelungen oder den von Kunden ausgeübten Druck stromaufwärts, sodass es notwendig ist in Anbetracht der Steuerung ein anderes Prinzip anzuwenden (vgl. Stewens 2005, S. 88).

Informationsfluss

Parallel zu dem physischen Fluss existiert der Informationsfluss. Während der physische Fluss primär stromabwärts gerichtet ist, fließen Informationen in einer Wertschöpfungskette in beide Richtungen. In Richtung der Lieferanten ist dabei besonders die Übertragung von Bestelldaten von Bedeutung, während stromabwärtsgerichtet Lieferdaten übermittelt werden (vgl. Stewens 2005, S. 88).

Markante Aspekte des Informationsflusses stellen die Fließgeschwindigkeit sowie die Übertragungssicherheit dar, die von den Übertragungsmedien abhängig sind. Interessanterweise hat sich herausgestellt, dass zwar die technischen Voraussetzungen für eine sichere und schnelle Übertragung vorhanden sind, diese aber keine konsequente Anwendung erfahren (vgl. Stewens 2005, S. 88 f.).

Trotz der technischen Möglichkeit der schnellen Datenübertragung werden stromaufwärts Daten anhand gewisser Ausprägungen wie beispielsweise Beschaffenheit, Ort, Zeit oder Region zusammengefasst. Die Komprimierung der Daten führt dabei zu einem Informationsverlust, der den Informationswert verringert (vgl. Stewens 2005, S. 89).

Stromabwärts gerichtet liegt der Wert der Information in sicheren Lieferzusagen zu einem bestimmten Zeitpunkt (*Available to promise*) und in der Fähigkeit die exakte Position des physischen Flusses bestimmen zu können (*Tracking and Tracing*) (vgl. Stewens 2005, S. 89).

Finanzmittelfluss

Der Finanzmittelfluss beschreibt den Austausch von Finanzmitteln zwischen Unternehmen. Zur Produktion von Gütern gehen Unternehmen dabei in Vorleistung, indem sie Maschinen und Bestände anschaffen sowie weitere Investitionen tätigen. Dieses Umlaufvermögen stellt einen wesentlichen Bestandteil des gebundenen Kapitals dar, das dem Unternehmen nicht mehr ad hoc zur Verfügung steht. Einen bedeutenden Teil des Umlaufvermögens, das durch den Finanzmittelfluss beeinflusst werden kann, stellen dabei Forderungen aus Lieferung und Leistung dar (vgl. Stewens 2005, S. 89).

Damit das gebundene Kapital möglichst geringgehalten wird, sollte die Rechnungserstellung zum frühestmöglichen Zeitpunkt stattfinden. Darüber hinaus sind die Übertragung der Fakturierungsdaten sowie der Finanzmittelfluss selbst von Bedeutung, um einen möglichst schnellen und reibungslos ablaufenden Finanzmittelfluss zu gewährleisten (vgl. Stewens 2005, S. 89).

Ähnlich wie bei dem Informationsfluss ist die Fließgeschwindigkeit von den Übermittlungsmedien sowie deren Kompatibilität und zusätzlich von den qualitativen Voraussetzungen abhängig (vgl. Stewens 2005, S.89). Bezüglich der Ist-Situation bleibt festzuhalten, dass die Automatisierung und die damit einhergehende Beschleunigung der Abläufe des Finanzmittelflusses bereits stattgefunden haben. Bei der Übermittlung von Fakturierungsdaten besteht jedoch weiterhin ein hohes Potential zur Automatisierung (vgl. Stewens 2005, S. 89).

Laut Stewens ist dies durch Medienbrüche bedingt, indem Rechnungen mittels ERP-System automatisch erstellt, dann jedoch ausgedruckt und auf postalischem Weg verschickt werden. Bei dem Adressaten angekommen, werden diese wiederum von Hand in das ERP-System eingetragen (vgl. Stewens 2005, S. 89).

Entwicklungsfluss

Die Bemühungen des SCMs fokussierten bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Steuerung, Planung, Gestaltung und Optimierung des physischen Flusses sowie des Finanz- und Informationsflusses. Daher wurde zwar die Fertigung von Teilen und Komponenten outgesourct, die Entwicklung entsprechender Objekte jedoch organisationsintern vorangetrieben (vgl. Stewens 2005, S. 89). Diese Situation hat sich dahingehend gewandelt, als dass Unternehmen die gemeinschaftliche Produktentwicklung als einen wichtigen wirtschaftlichen Vorteil ansehen (vgl. Wildemann 1998, S. 43 ff.).

Das bedeutet, dass die interorganisationale Entwicklung von Produkten angestiegen ist, wodurch die SC um einen Fluss ergänzt wird. Eine Besonderheit dieses Flusses besteht darin, dass keine definierte Quelle oder Senke existiert. Vielmehr herrscht ein ständiger und fluktuierender Austausch von Informationen zwischen Lieferanten, Kunden und fokalem Unternehmen über mehrere Stufen, wobei teilweise zusätzlich physische Objekte in Form von Mustern ausgetauscht werden (vgl. Stewens 2005, S. 90 f.).

Rechtefluss

Als eine notwendige Konsequenz der bereits genannten Flüsse ergibt sich der Rechtefluss. Dieser umfasst sowohl die Verfügungsrechte als auch die rechtlichen Verpflichtungen innerhalb der SC (vgl. Stewens 2005, S. 92).

Der Rechtefluss ist im Zusammenhang mit dem physischen Fluss sowie dem Entwicklungsfluss von besonderer Bedeutung. Hinsichtlich extern vergebener Produktentwicklungen geht es um die Verfügungsrechte der Auftraggeber an Patenten. Bei dem physischen Fluss hingegen ist vielmehr der Aspekt der Rücknahme sowie der Produkthaftung interessant. Zusammenfassend behandelt der Rechtefluss damit die Übertragung von Rechten und Pflichten bezüglich eines durch die SC fließenden Objekts (vgl. Stewens 2005, S. 92).

2.2 Grundlagen des Supply-Chain-Managements

Der Begriff des SCMs ist Gegenstand aktueller Forschungen sowie Diskussionen in der Wirtschaft. Dies liegt in dem enormen Potential wirtschaftlicher Vorteile begründet.

In den 1950er und 1960er Jahren war der Taylorismus in den Unternehmen weit verbreitet und galt als Symbol für eine moderne Produktionsweise. Die tayloristische Produktionsphilosophie steht für die Massenproduktion, bei der die Minimierung der Stückkosten durch hohe Stückzahlen fokussiert wird. Diese Kostensenkung geschieht unter Einbußen in den Bereichen der Variantenvielfalt, Individualisierung und Prozessflexibilität. Eine Abstimmung der Kapazitäten auf interne Produktionsprozesse sowie die Anpassung dieser auf die Prozesse von Händlern und Kunden blieb aus. Daraus resultieren hohe Umlaufbestände, die eine fortlaufende Produktion sicherstellen (vgl. Stewens 2005, S. 27).

In den 1970er Jahren begann die Einführung sogenannter Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme (PPS-Systeme), die erstmals den Einfluss hoher Umlaufbestände auf die Produktionskosten, Durchlaufzeiten sowie Qualität in den Vordergrund rückten. Diese Innovation führte dazu, dass sich das Bewusstsein des Managements änderte und Verbesserungsmaßnahmen angeregt wurden. Diese fanden vorerst nur in einzelnen, isolierten Bereichen statt, sodass daraus kaum eine prägnante Aufwertung resultierte (vgl. Stewens 2005, S. 27).

Dies änderte sich zum Ende der 1980er-Jahre mit dem durch die Globalisierung zunehmenden Druck auf die Produktionskosten, Durchlaufzeit und Qualität. Die Bemühungen fokussierten nicht länger einzelne Bereiche im eigenen Unternehmen, sondern umfassten zusätzlich die Beziehungen zu Lieferanten und Kunden. Infolgedessen wurden Prinzipien wie ‚Just in Time‘ (JIT) implementiert und der Austausch von Informationen mit Kunden und Händlern durch ‚Efficient Consumer Response‘- (ECR) und ‚Quick-Response- (QR) Programmen‘ vorangetrieben (vgl. Stewens 2005, S. 27).

Während in der Vergangenheit überwiegend der technische Aspekt des SCMs im Fokus stand, rücken in der heutigen Zeit die Gestaltung von Strukturen und Prozessen sowie die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen in den Vordergrund (vgl. Cohen, Roussel 2006, S. V ff.).

Aufgrund dieser besonderen Bedeutung des SCMs in der Forschung und Wirtschaft, ist eine Definition des Begriffs von hoher Relevanz. Die Vielzahl der in der Literatur vorzufindenden unterschiedlichen Definitionen erschwert jedoch die Ermittlung einer einheitlichen Begriffsklärung.

Grundsätzlich lassen sich die Definitionen in zwei verschiedene Gruppen unterteilen. Die erste Gruppe zeichnet sich durch einen direkten Bezug zur betrieblichen Logistik aus (vgl. Göpfert 2004, S. 28). Dabei besteht Konsens darüber, dass das SCM eine Weiterentwicklung und damit ein Teil des klassischen Logistikmanagements darstellt. Das SCM kann hier der letzten Entwicklungsstufe des Logistikmanagements zugeordnet werden. Eine prägnante Definition dieser ersten Gruppe ist die des Autors Simchi-Levis, der das SCM wie folgt definiert und zugleich dessen Bedeutung als betriebswirtschaftliche Disziplin betont (vgl. Göpfert 2004, S. 28):

„Supply chain management is a discipline that focuses on the integration of suppliers, factories, warehouses, distribution centers, and retail outlets so that the items are produced and distributed to the right customers, at the right time, at the right place, and at the right price. Importantly, this is done in a way that minimizes costs while satisfying a certain level of service“ (Simchi-Levi 2000, S. 75).

Die zweite Definitionsgruppe beschreibt das SCM als „interorganisationales Management von Geschäftsprozessen“ (Göpfert 2004, S.29), wodurch das Management von Beziehungen und die Kooperation zwischen Unternehmen in den Fokus gerückt werden (vgl. Göpfert 2004, S.29). Die dargestellte Vorstellung des SCMs wird durch eine Definition von Cooper et al. abgebildet und definiert SCM wie folgt:

„The ingetration of all key business processes across the supply chain is what we are calling supply chain management“ (Cooper et al. 1997, S. 11).

Für die Entscheidungsfindung bezüglich einer Definition des SCMs werden im Folgenden die inhaltlichen Abläufe einer SC betrachtet. Die Vorgänge in einer SC werden durch Endkundenbestellungen ausgelöst, wobei der Endkunde seine Bedarfe einem sich am Ende der SC befindlichen Unternehmen mitteilt. Von dort aus werden die relevanten Bedarfsinformationen an die Mitglieder dieser interorganisationalen SC weitergeleitet, um den erforderlichen Material- und Warenfluss auszulösen. Dieser Fluss erstreckt sich diesbezüglich vom Rohstofflieferanten bis hin zum Händler und Endkunden (vgl. Göpfert 2004, S. 30).

Die betrachtete Lieferkette wird nach Göpfert durch die Güter-, Informations- und Geldflüsse charakterisiert, wobei der Informationsfluss als grundlegend angesehen wird (vgl. Göpfert 2004, S. 30). Zusätzlich können hier weitere Flüsse, wie der Rechte- und Entwicklungsfluss angenommen werden (vgl. Stewens 2005, S. 87).

Betrachtet man dieses Gebilde aus der Flussperspektive, lässt sich die Komplexität der Lieferkette auf die einzelnen Flüsse reduzieren. Das fehlerfreie Management eben dieser Flüsse stellte die Logistik in der Vergangenheit vor ein zentrales Problem, sodass das SCM notwendig wurde. In Anbetracht der Tatsache hat das SCM seine Wurzeln in der Logistik selbst und kann damit als ein Teil dessen angesehen werden. Eine entsprechende Definition im Sinne der ersten Gruppe scheint zutreffender, da das SCM dem Bereich Logistik entspringt (vgl. Göpfert 2004, S. 30).

Entwicklungsphasen des Supply-Chain-Managements

Zur Definition des SCM-Begriffs wurde bereits auf dessen Entwicklung eingegangen. Dies repräsentierte jedoch nur einen groben Überblick, der relativ weit in die Vergangenheit reichte. Es scheint sinnvoll aktuellere Entwicklungen des SCMs konkreter zu betrachten, um eine zielführende Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 im SCM ausarbeiten zu können.

Im Folgenden wird auf die aufeinander aufbauenden Entwicklungsphasen des SCM ab den 1990er-Jahren eingegangen. Dies liegt darin begründet, dass sich Unternehmen heutzutage in unterschiedlichen Phasen befinden und für diese sinnvollerweise unterschiedliche Empfehlungen getroffen werden sollten.

Phase 1: Unternehmen begannen Anfang der 1990er-Jahre im Zuge der fortschreitenden Globalisierung und dem daraus resultierenden Leistungsdruck ihre unternehmensinternen Lieferketten zu managen sowie Prozesse aufeinander abzustimmen. Dies impliziert eine Integration der Organisationsfunktionen Einkauf, Produktion, Vertrieb, Controlling etc. Eine genaue Lieferterminezusage war aufgrund der fehlenden Einbeziehung von Lieferanten jedoch nicht möglich (vgl. Werner 2010, S. 13).

Phase 2: Die darauffolgende Entwicklung bestand darin, die unternehmensinterne SC weiterzuentwickeln, indem Lieferanten, Kunden und Dienstleister in die Prozesse und deren Prozesse in die Planung einbezogen wurden. Der daraus resultierende Informationsaustausch zwischen den Mitgliedern der SC wurde durch Informations- und Kommunikationssysteme koordiniert, wie beispielsweise durch ECR-Programme und JIT-Lieferbeziehungen. Voraussetzung für eine solche Zusammenarbeit ist ein hohes Maß an Vertrauen zwischen den SC-Partnern sowie die Abstimmung der einzelnen Partner aufeinander. Ein wichtiger Aspekt dieser Evolutionsstufe besteht darin, dass sich das SCM nur über die unmittelbar an das fokale Unternehmen angrenzenden SC-Partner erstreckt. Wie zuvor bereits spekuliert, befinden sich Unternehmen in unterschiedlichen Phasen der SCM-Entwicklung. Werner deklariert, dass sich aktuell der Großteil der Unternehmen in der zweiten Entwicklungsphase befindet (vgl. Werner 2010, S. 13; Stewens 2005, S. 27).

Phase 3: Die dritte Entwicklungsstufe stellt eine Erweiterung der zweiten Phase dar, indem der Informationsaustausch auf die gesamte SC ausgeweitet wird. Die Informationen werden dabei gleichzeitig an alle Mitglieder der SC übermittelt, wodurch die Reaktionsgeschwindigkeit dieser Änderungen erhöht wird (vgl. Werner 2010, S. 13 f.).

Phase 4: Diese Phase zeichnet sich durch eine Abstimmung der Prozesse auf SC-Ebene sowie auf Unternehmensebene aus. Durch die Synchronisation der Prozesse in der internen und externen SC wird eine Reduktion der Bestände sowie eine Beschleunigung der Lieferzeit angestrebt (vgl. Werner 2010, S. 14).

Wie bereits erwähnt, befinden sich die meisten Unternehmen in der zweiten Phase des SCMs. Die Konzeption einer Handlungsempfehlung für diese Phase scheint daher von enormer Bedeutung, um die Mehrheit anzusprechen.

Andererseits gibt es bereits vereinzelt Unternehmen, die sich in der dritten und vierten Phase befinden. Diese werden in der Literatur als sogenannte ‚Logistik-Champions‘ bezeichnet. Um dem wissenschaftlichen Anteil dieser Arbeit gerecht zu werden, wird in ihrem Verlauf ebenfalls eine

Handlungsempfehlung für diese Phasen der SCM-Entwicklung konzipiert. Möglicherweise lässt sich im späteren Verlauf der Arbeit sogar eine weitere visionäre Phase zur Entwicklung des SCMs hinzufügen, die durch Industrie 4.0 eingeläutet wird.

2.3 Ziele und Aufgaben des Supply-Chain-Managements

Die Aufgaben des SCMs stellen für die vorliegende Arbeit einen zentralen Aspekt dar. Die Beschreibung der Aufgaben und der dafür verwendeten Verfahren bilden die Basis, um Einsatzgebiete für technologische Entwicklungen von Industrie 4.0 transparent zu machen. Im späteren Verlauf können diese Schwachstellen und Verbesserungspotentiale analysiert und deren Lösung in wirtschaftliche Vorteile umgewandelt werden.

Grundsätzlich lassen sich die SCM-Aufgaben in zwei Bereiche gliedern. Auf der einen Seite sollen integrierte Unternehmensaktivitäten in Form von Versorgung, Entsorgung und Recycling aufrechterhalten werden, um eine ständige Wertschöpfung zu garantieren. Dabei werden diverse Merkmale wie Preise, Qualität, Quantität und weitere Lieferaspekte berücksichtigt (vgl. Werner 2010, S. 25).

Auf der anderen Seite steht das Beziehungsmanagement zwischen den Netzwerkpartnern untereinander, das einen Balanceakt repräsentiert. Durch eine grundsätzliche Divergenz der Ziele auf Unternehmensebene innerhalb der SC entsteht ein nicht offenkundiges Spannungsverhältnis im Netzwerk. Unternehmen wollen durch SCM eine enge Zusammenarbeit und Kooperation mit anderen Unternehmen realisieren, um wirtschaftliche Vorteile entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erwirtschaften. Trotz dieser Kooperation sind die SC-Mitglieder auf rechtlicher Ebene selbstständig und streben nach Autonomie (vgl. Werner 2010, S. 25).

Diese grobe Aufteilung der SCM-Aufgaben stellt einen kurzen Überblick im Rahmen einer Einführung dar. Des Weiteren wird auf das Aufgabenmodell nach Hellingrath et al. eingegangen, der das SCM in die drei Ebenen ‚SC-Design‘, ‚SC-Planning‘ und ‚SC-Execution‘ unterteilt. Die Gliederung dieser Ebenen findet sowohl zeitlich als auch nach Aggregationsstufe und Häufigkeit statt (vgl. Hellingrath et al. 2008, S. 463). Das Ziel der einzelnen Entscheidungsebenen besteht darin, die Wertschöpfung der SC zu steigern (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 29).

Im Folgenden werden die einzelnen Ebenen näher erläutert, während der Schwerpunkt der Überlegungen auf der Planungsebene liegt.

SC-Design

Das SC-Design befasst sich mit der Konzeption einer Strategie bzw. der Gestaltung der SC. Der Entscheidungszeitraum, also die Auswirkungen der Entscheidungen bzgl. der Strategie, liegt in diesem Zusammenhang bei mehreren, in den meisten Fällen bei fünf, Jahren (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 29). Da es sich um die am höchsten aggregierte Ebene handelt, wird an dieser Stelle über die Konfiguration und Struktur der SC, die auszuführenden Prozesse der einzelnen Stufen sowie die Verteilung der Ressourcen entschieden (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 29).

Konkret bedeutet dies, dass Entscheidungen bezüglich

- Auslagerungen einer Funktion
- Kapazitäten und Standorten von Lagern und Fabriken
- Herstellung und Lagerungen von Produkten
- Transportmitteln
- Informationssystemen

getroffen werden (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 29 f.). Aufgrund des langen Zeitraums der Auswirkungen und damit einhergehenden grundlegenden Investitionen ist eine kurzfristige Revision nur in Verbindung mit enormen Anstrengungen zu realisieren. Dieser Aspekt ist dahingehend interessant, als dass es sich hier um grundlegende Entscheidungen handelt, die ausschlaggebende kostenstrukturelle Veränderungen nach sich ziehen können, wobei jedoch enorme Unsicherheiten aufgrund des hohen Planungszeitraums herrschen (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 30; vgl. Werner 2010, S. 74).

SC-Planning

Das SC-Planning findet auf der taktischen Planungsebene statt und umfasst einen Planungszeitraum von etwa drei Monaten bis zu einem Jahr (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 30; vgl. Hellingrath et al. 2008, S. 463). Die Entscheidungsmöglichkeiten mit dem Ziel der Gewinnmaximierung finden in dem durch das SC-Design festgelegten Rahmen statt, der diese gleichzeitig begrenzt.

Die Grundlage für das SC-Planning bildet eine Prognose für das folgende Jahr hinsichtlich der Nachfrage und anderer Faktoren wie z.B. Kosten und Preise. Bezüglich der Prognose lässt sich festhalten, dass aufgrund des kürzeren Planungshorizonts bessere Prognosen als bei dem SC-Design erzielt werden können. Anhand dieser Daten werden verschiedene Entscheidungen bezüglich Timing und Umfang von Marketingaktionen, Lagerpolitik, dem Outsourcing von Produkten sowie der Belieferung verschiedener Märkte getroffen (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 30). Nach Werner lässt sich das SC-Planning in neun Abschnitte gliedern, die im Folgenden konkreter erläutert werden (vgl. Werner 2010, S. 75).

Bedarfsplanung

Im Rahmen der Bedarfsplanung wird das Ziel verfolgt, zutreffende Prognosen für lang-, mittel- und kurzfristig aggregierte Bedarfe zu treffen. Neben dem zeitlichen Horizont spielen die Art der Beziehungen, Business-to-Business (B2B) sowie Business-to-Consumer (B2C), eine wichtige Rolle für die Genauigkeit der Bedarfsprognose (vgl. Werner 2010, S. 75).

Während sich das B2B-Geschäft, zumindest bei der Abwesenheit von Revisionen, durch strukturierte und damit gut prognostizierbare Bestellungen auszeichnet, ist das B2C-Geschäft direkt von der Kaufentscheidung des Endverbrauchers betroffen. Diese wird wiederum durch diverse Faktoren, wie beispielsweise Trends, die Saison, Preise etc. beeinflusst, sodass eine annähernd genaue Prognose erschwert wird (vgl. Werner 2010, S. 75).

Die Bedarfsprognose stellt Unternehmen besonders im mittel- und langfristigen Planungshorizont vor Probleme, denn ‚Prognose‘ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Vergangenheitswerte unter Verwendung von Restriktionen in die Zukunft projiziert werden. Diese Restriktionen, und demnach auch die Prognosen, können jedoch an Gültigkeit verlieren (vgl. Werner 2010, S. 75).

Die genannte Problematik der Prognose führt dazu, dass ein Spannungsverhältnis entsteht, in dem einerseits die Kapitalbindung minimiert und andererseits die Kapazitätsplanung sowie der Lieferservicegrad maximiert werden sollen. Die Bedarfsplanung findet stets innerhalb dieses Spannungsverhältnisses statt, aus dem der ‚Bullwhip-Effekt‘ resultiert (vgl. Werner 2010, S. 75).

Netzwerkplanung

Die Netzwerkplanung beschäftigt sich mit der Ausgestaltung der SC, indem die einzelnen Akteure in dieser koordiniert werden (vgl. Werner 2010, S. 76). Unabhängig davon, ob eine interne oder unternehmensübergreifende Planung stattfindet, werden Entscheidungen bezüglich einzelner Standorte getroffen. Diese lassen sich als ‚Standortrolle‘, ‚Standortpositionierung‘, ‚Kapazitätszuordnung‘ sowie ‚Markt- und Lieferantenzuordnung‘ klassifizieren (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 146). Anhand der Entscheidungen zu den einzelnen Klassifikationen wird bestimmt, welche Aufgaben und Rollen einzelne Standorte haben, wo sich die einzelnen Standorte befinden, welche Kapazität sie aufweisen sowie welche Märkte durch die Standorte beliefert und durch welche Lieferanten sie beliefert werden sollen (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 146).

In einem solchen Netzwerk existieren dominierende Akteure, die sich durch „die umfassendsten Informationen zur Planung, Steuerung und Kontrolle der gesamten Wertschöpfungskette“ (Werner 2010, S. 76) auszeichnen.

Die im Zuge der Netzwerkplanung getroffenen Entscheidungen haben einen bedeutenden Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der SCs, da sie diese sowohl konfigurieren als auch Begrenzungen für weitere Einflussfaktoren vorgeben. Ziele können z.B. die Kostenverringerung oder die Steigerung der Reaktionsfähigkeit der SC sein (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 146).

Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsplanung

Die Aufgabe der Beschaffungsplanung besteht darin, eine mengen- und termingerechte Teileversorgung der Produktions- und Lagerstandorte zu gewährleisten. Dabei hat die Beschaffungsplanung, die in einem Zeitrahmen von mehreren Tagen oder Wochen stattfindet, eine Bedarfs- und Netzwerkplanung als Grundlage (vgl. Werner 2010, S. 76).

Ein Instrument zur Planung stellen Stücklisten dar, mit deren Hilfe die Primär-, Sekundär- und Tertiärbedarfe ermittelt werden. Bestellentscheidungen werden hierbei durch Anlieferhythmus, Wiederbeschaffungszeit und Bestandshöhe getroffen (vgl. Werner 2010, S. 77 f.).

Die Produktionsplanung basiert ebenfalls auf der Bedarfs- und Netzwerkplanung. Während die Bedarfs- und Netzwerkplanung ganze Standorte als eine Ressource auffassen, befasst sich die Produktionsplanung mit den einzelnen Standorten im Detail. Zur Aufgabe der Produktionsplanung gehört das Bestimmen von Losgrößen sowie die Erstellung von Maschinenbelegungsplänen. Dabei wird eine möglichst hohe Auslastung unter der Bedingung, keine außerplanmäßigen Aufträge

ablehnen zu müssen, angestrebt (vgl. Werner 2010, S. 77). Bei der Planung sollte stets eine hohe Kapazitätsauslastung fokussiert werden. Gleichzeitig sollte es aber weiterhin möglich sein, unplanmäßige Zusatzaufträge in die Produktion einzubinden (vgl. Werner 2010, S. 77). Möglichkeiten, um zusätzliche Aufgaben realisieren zu können, stellen hierbei unter anderem der Einsatz von Reservemaschinen, Überstunden, Leiharbeiter oder auch Fremdvergaben dar.

Die Produktionsplanung kann durch weitere Faktoren wie z.B. durch die Durchlaufzeit, Rüstkosten, Ausschussraten, Bestände, Serviceraten sowie Produktivität beeinflusst werden.

Neben der Beschaffungs- und Produktionsplanung existiert die Distributionsplanung, deren Aufgabe die Sicherstellung der Warenströme stromabwärts, also in Richtung der Kunden, ist. Eine wichtige Kenngröße ist die „Reichweite der Fertigwarenbestände“ (Werner 2010, S. 77). Bei der Distributionsplanung werden Ergebnisse der Bedarfs- und Netzwerkplanung sowie der Produktionsplanung verwendet, um eine mittelfristige Planung zu realisieren. Dabei müssen Bestände bestimmt, Verkehrsmittel und Haupttransportrouten festgelegt sowie das Sendungsaufkommen berechnet werden (vgl. Günther, Tempelmeier 2005, S. 334). Eine Optimierung dieser Entscheidungsvariablen kann durch die Simulation verschiedener Szenarien erfolgen. Beispiele für mögliche Varianten in einem Szenario stellen die Nutzung weiterer Distributionskanäle, geographische Veränderungen durch hinzukommende und entfallende Lagerstätten oder die Zusammenarbeit mit einem Logistikdienstleister dar (vgl. Werner 2010, S. 77).

Order-Promising

Mit Order-Promising werden Versprechen an den Kunden gegeben, ein gewünschtes Produkt zu einem bestimmten Zeitpunkt zu liefern. Damit ein realistischer Liefertermin evaluiert werden kann, sind Verfügbarkeits- und Machbarkeitsprüfungen notwendig (vgl. Werner 2010, S. 77).

In diesem Zusammenhang stehen die beiden Begriffe ‚Available-to-Promise‘ (ATP) sowie ‚Capable-to-Promise‘ (CTP). ATP meint in diesem Zusammenhang die Lieferterminzusage sowie weitere Leistungen unter Berücksichtigung von Lagerbeständen (vgl. Werner 2010, S. 77). Als Beispiel kann hier die Zustellung von Artikeln durch das Versandhaus ‚Amazon‘ innerhalb von 24-Stunden für Prime-Kunden angeführt werden.

CTP berücksichtigt zur Lieferterminerstellung nicht nur den Lagerbestand, sondern auch die Prozesse innerhalb des Unternehmens wie beispielsweise Maschinenkapazitäten oder konkurrierende Aufträge etc. CTP ist folglich eine Erweiterung des ATP (vgl. Wannenwetsch 2005, S. 67).

Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsfeinplanung

Die Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsfeinplanung ist eine detailliertere Planungsstufe als die Grobplanung und findet nicht auf Werks-, sondern auf Produktionsbereichsebene statt (vgl. Werner 2010, S. 78).

Bei der Beschaffungsfeinplanung verkürzt sich der Zeithorizont auf Stunden und Tage. Basierend auf der Produktionsfein- und Beschaffungsplanung werden Waren- und Geldflüsse optimiert. Außerdem

werden endgültige Zusagen für JIT-Lieferungen für den aktuellen Tag getroffen und weitergegeben (vgl. Wannenwetsch 2005, S. 66).

Bei der Produktionsfeinplanung werden auf Basis der Produktionsplanung „kurzfristige, detaillierte, reihenfolgeoptimierte und durchführbare Fertigungsaufträge“ (Wannenwetsch 2005, S. 66) erstellt. Der Planungshorizont liegt dadurch zwischen Stunden und wenigen Tagen (vgl. Werner 2010, S. 78). Diese Planung ist von verschiedenen Faktoren wie der Maschinen-, Material und Personalverfügbarkeit abhängig (vgl. Wannenwetsch 2005, S. 66). Durch nicht vorhersehbare Ausfälle hinsichtlich der einzelnen Faktoren, kann der Fall eintreten, dass vorangegangene Pläne nicht eingehalten werden können.

Die Distributionsfeinplanung befasst sich mit der Optimierung des inner- und außerbetrieblichen Transports hinsichtlich der Kosten und des Lieferservicegrads, das meint die Transportmittel- und Tourenplanung. Diese Optimierung findet unter der Bedingung statt, dass die ‚5r’s‘ berücksichtigt werden, daher das „richtige Produkt, zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort, in der richtigen Menge und in der richtigen Qualität“ (Wannenwetsch 2005, S. 67) bereitsteht.

Kollaborative Planung

Das Ziel der kollaborativen Planung besteht darin, die Zusammenarbeit der einzelnen Teilnehmer einer SC zu harmonisieren. Dazu werden die Prozesse und Ströme, die in einer SC auftreten aufeinander abgestimmt. Besonders hervorzuheben sind die Versorgungs- sowie Entsorgungs- und Recyclingströme (vgl. Werner 2010, S. 78).

Mögliche Einsatzgebiete softwarebasierter Lösungen und der Einsatz von Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0 ergeben sich in den Bereichen der Kapazitäts-, Bedarfs- und Bestandsplanung.

Die Kapazitätsplanung kann erleichtert werden, indem die abgeleiteten Bedarfe der kollaborierenden Akteure in der SC in Verbindung mit eigenen Werkdaten sowie weiteren Informationen der Teilnehmer der SC in webbasierte Programme integriert werden. Bei der Bedarfsplanung können Kunden- und Lieferantendaten ohne Verzögerung in Verbindung mit den eigenen Daten verarbeitet werden. Des Weiteren kann die Bestandsplanung, die beispielsweise beim ‚Vendor Managed Inventory‘ (VMI) durch den Hersteller durchgeführt wird, durch IT-basierte Collaborative Planning, Forecasting & Replenishment (CPFR) Systeme unterstützt werden (vgl. Werner 2010, S. 78 f.).

Supply-Chain-Execution

Die SC-Execution (SCE) findet auf der operativen Ebene und zeitlich gesehen nach der Planungsebene statt (vgl. Werner 2010, S. 85). Die SCE umfasst verschiedene Tätigkeitsbereiche von der Materialbeschaffung, der Auftragsabwicklung sowie weiteren logistische Funktionen bis hin zu Kontrollaufgaben (vgl. Wannenwetsch 2005, S. 85). Einen wichtigen Aspekt repräsentiert dabei die Auftragsabwicklung, die sich laut Werner in die Transport- und Produktionsabwicklung sowie das Lagermanagement unterteilt (vgl. Werner 2010, S. 79).

Die Aufgabe der SCE besteht darin, mit Hilfe von Supply Chain Event Management Engpässe zu ermitteln und Lösungswege zu erarbeiten. Dazu werden die Aktivitäten in einer SC permanent

überwacht und Frühwarnsysteme, die möglichst in Echtzeit Probleme sichtbar machen sollen, integriert (vgl. Werner 2010, S. 79).

2.4 Probleme des Supply-Chain-Managements

Das SCM ist für die Koordination der verschiedenen Flüsse einer SC zuständig. Aufgrund unterschiedlicher Einflüsse innerhalb einer SC können jedoch Probleme auftreten. Diese sind insbesondere im Bereich der Prognose sowie der Weitergabe von Bedarfen entlang der SC begründet und werden im Folgenden erläutert.

Bull-Whip-Effekt

Der Bull-Whip-Effekt bezüglich einer SC wurde 1958 von Jay Forrester entdeckt und wird synonym für den Peitschen- oder Forrester-Effekt verwendet. Dabei handelt es sich um die zunehmende Nachfrageschwankung entlang einer SC je weiter man sich von dem Endkunden entfernt. Dieses Phänomen entdeckte Forrester 1958 während seiner Untersuchungen hinsichtlich des Belieferungsprozesses zwischen Unternehmen über mehrere Stufen der SC hinweg (vgl. Kuhn, Hellingrath 2002, S. 17 f.).

Es gibt verschiedene Gründe für die Nachfrageverstärkungen entlang der SC. Es ist üblich, dass Unternehmen auf lokale Optimierungen fokussiert sind. Die Planung ihrer Bedarfe findet unternehmensintern ohne Blick auf die SC statt und Bestellungen werden lediglich an die jeweils nächste Stufe weitergegeben. Diese traditionelle Vorgehensweise, die sich durch mangelnde Informationsweitergabe zwischen SC-Partnern und isolierte Entscheidungen auszeichnet, führt dazu, dass geringe Nachfrageänderungen des Endkunden in enormen Schwankungen bei den Zulieferern resultieren. Der Verlauf der Nachfrageschwankungen kann nicht prognostiziert werden, da die Einflüsse vielfältig sind und sie sich gegenseitig überlagern. Die Existenz des Bull-Whip-Effekts wurde aber durch empirische Beobachtungen bestätigt. Die einzelnen Ursachen dieses Effekts werden im Folgenden erläutert (vgl. Kuhn, Hellingrath 2002, S. 17).

Verzögerter Informationsfluss

Eine Ursache für den Bull-Whip-Effekt liegt in der zeitlichen Verzögerung der Bestellprozesse innerhalb einer SC. Diese Verzögerungen treten an verschiedenen Stellen auf. Eine Nachfrageveränderung des Endkunden wird von Unternehmen erst nach einer gewissen Zeitspanne registriert. Abhängig von der Nachfrageentwicklung haben die aktuellen Bestände zu- oder abgenommen. Resultierend daraus werden die Bestellmengen überproportional zur ursprünglichen Kundennachfrage erhöht, um einerseits die Lager wieder aufzufüllen und andererseits der erhöhten Nachfrage gerecht zu werden. Dieser Vorgang wiederholt sich entlang der gesamten SC und führt zu den Nachfrageschwankungen (vgl. Kuhn, Hellingrath 2002, S. 18).

Sicherheitsdenken und Losgrößen

Eine weitere Ursache für die Nachfrageschwankungen liegt im Sicherheitsdenken der Unternehmen. Diese reagieren auf eine veränderte Nachfrage hinsichtlich Menge und Bestellintervall mit einer Erhöhung der Sicherheitsbestände, um Liefertermine und Liefertreue einhalten zu können. Dadurch können selbst kleine Nachfrageänderungen zu großen Nachfrageschwankungen führen, wenn eine SC aus einer großen Anzahl von Stufen besteht. Des Weiteren werden Nachfrageschwankungen durch die Bildung von Losgrößen beeinflusst. Bei Bestellungen ist es üblich in vollen Losen zu bestellen. Eine kleine Nachfrageänderung kann dazu führen, dass ein weiteres Los bestellt wird (vgl. Kuhn, Hellingrath 2002, S. 19). Aus dieser Problematik resultieren folgende Probleme:

- Lieferprobleme
- kurzfristige Erhöhung der Bestände und Sicherheitsbestände
- Erhöhung der Lagerkosten
- durch anschließende Verringerung der Bestellmenge und größere Intervalle aufgrund gefüllter Lager ergeben sich weitere Schwankungen (vgl. Kuhn, Hellingrath 2002, S. 19)

Der Burbidge-Effekt

Eine weitere Ursache für die Entstehung des Bull-Whip-Effekts ist der Burbidge-Effekt. In Unternehmen werden nicht kontinuierlich Bestellungen für einzelne Produkte aufgegeben, sobald diese verbraucht werden. Es ist üblich, dass Bestellungen über eine gewisse Zeitspanne gesammelt und periodisch geordert werden. Da die Bestellzyklen der Unternehmen nicht miteinander synchronisiert sind, führt dies zu einer Variabilität der Bestellungen, woraus wiederum höhere Sicherheitsbestände, Lagerkosten sowie eine ungleichmäßige Kapazitätsauslastung resultieren (vgl. Kuhn, Hellingrath 2002, S. 19).

Prognose

Prognosen sind ein existentieller Bestandteil des SCMs und bilden die Grundlage für die SC-Planung. Unabhängig davon, ob ein Push- oder Pull-Prinzip in einem Unternehmen Anwendung findet, müssen Prognosen erstellt werden, um die Produktion, Logistik und weitere Aktivitäten zu planen. Dabei sind Prognosen von einer Vielzahl von Faktoren sowie der Vergangenheit abhängig (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 224).

Probleme bezüglich einer Prognose ergeben sich in verschiedenen Bereichen. Prognosen sind keine exakten Voraussagen für die Zukunft. Sie können durchaus von der Realität abweichen, weshalb es wichtig ist neben der Prognose auch einen Prognosefehler und Erwartungswert zu errechnen (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 223).

Eine weitere Eigenschaft von Prognosen besteht darin, dass kurzfristige Vorhersagen eine höhere Genauigkeit aufweisen als langfristige (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 223). Dieser Aspekt ist insbesondere im Hinblick auf die Durchlaufzeit interessant. Je schneller ein Unternehmen oder sogar eine SC in der Lage ist Produkte nachzuliefern, desto kürzer kann die Zeitspanne der Prognose sein.

Folglich kann die Performance eines Unternehmens bzw. einer SC gesteigert werden (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 223 f.).

Des Weiteren lässt sich festhalten, dass der Prognosefehler mit der Entfernung eines Unternehmens zum Kunden zunimmt, da die Informationsverzerrung steigt. Beispielhaft dafür ist der beschriebene Bull-Whip-Effekt (vgl. Chopra, Meindl 2014, S. 224).

2.5 Netzwerke als Grundlage des Supply-Chain-Managements

2.5.1 Definition des Netzwerkbegriffs im Rahmen des Supply-Chain-Managements

In diesem Abschnitt wird der Netzwerkbegriff sowie Netzwerkstrukturen und deren Entstehung näher erläutert. Im Anschluss daran wird die aktuelle und zukünftige Konkurrenzsituation zwischen Unternehmen betrachtet.

Ein Netzwerk lässt sich laut Messner als ein Zusammenschluss autonomer Akteure, die die Erreichung eines gemeinsamen Ziels verbindet, beschreiben. Ein Merkmal der Zielerreichung ist die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit und Leistungserstellung, die über einen einfachen Zusammenschluss hinausgeht (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 11).

Bei dieser Definition wird explizit die Autonomie der einzelnen Akteure hervorgehoben. Ihre Existenz sollte jedoch hinterfragt werden (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 11). Vorab lässt sich festhalten, dass zwischen verschiedene Arten der Autonomie differenziert werden kann. In diesem Zusammenhang steht die juristische Selbstständigkeit der wirtschaftlichen Selbstständigkeit gegenüber. Die juristische Selbstständigkeit zeichnet sich durch den Unterschied der Trägerschaft von Unternehmen aus. Dies bedeutet, ihre Trägerschaft ist nicht identisch (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 11).

Die Klassifizierung der wirtschaftlichen Autonomie hingegen gestaltet sich aufwendiger als zuvor und wurde bereits in der Vergangenheit im Zuge der Thematisierung der unternehmensübergreifenden Kooperation kontrovers diskutiert (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 12). Die wirtschaftliche Autonomie repräsentiert die Fähigkeit eines Unternehmens, Entscheidungen und Maßnahmen unabhängig zu treffen und durchzusetzen (vgl. Sydow 2005, S. 90).

Eine solche Autonomie wird in einem Netzwerk offensichtlich eingeschränkt, indem zwischen den einzelnen Akteuren intensive Beziehungen bestehen. Des Weiteren kooperieren in einem Netzwerk die einzelnen Akteure miteinander und stimmen ihre Aktivitäten aufeinander ab, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen. Die Teilnahme an einem Netzwerk stellt infolgedessen eine permanente Gefährdung der eigenen Autonomie dar und führt zu einem Spannungsverhältnis zwischen Autonomie und Dependenz der Akteure (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 12).

Trotz dieses Autonomieverlusts lassen sich Unternehmen auf eine Kooperation und die Integration in ein Netzwerk ein. Dies liegt darin begründet, dass die Zugehörigkeit zu einem Netzwerk Vorteile und Chancen eröffnet, die denjenigen Unternehmen, die von einer Kooperation ausgeschlossen sind, verwehrt bleiben (vgl. Sydow 2005, S. 93). Diese zusätzliche Chance kann als ‚Win-Win-Situation‘ interpretiert werden, die sich aus der zielgerichteten Kooperation ergibt, indem die Erfüllung der

kollektiven Aufgabe gegenüber der individuellen Aufgabenerfüllung wirtschaftliche Vorteile bietet (vgl. Aulinger 1999, S. 91)

Um eben diese Wettbewerbsvorteile realisieren zu können ist laut Bellmann & Hippe eine Kombination aus kooperativen und kompetitiven Beziehungen notwendig (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 13). Der Wettbewerb, der durch Kooperation in Netzwerken entsteht, lässt sich in drei Dimensionen gliedern. Eine Dimension wird durch die wechselseitige Substitution repräsentiert. Die einzelnen Netzwerkteilnehmer haben in der Vergangenheit die für das entsprechende Unternehmen relevanten Kernkompetenzen gefördert und stetig weiterentwickelt. Falls sich Unternehmen dem Netzwerk öffnen, werden diese für andere Netzwerkteilnehmer transparent und nutzbar. Auf Grund dessen lernen die Netzwerkteilnehmer voneinander. Dieser Lernprozess sorgt dafür, dass die Innovationsfähigkeit sowie das Netzwerk dynamisch weiterentwickelt werden. Das Netzwerk bleibt dadurch konkurrenzfähig. Einschränkend für diesen Effekt lässt sich festhalten, dass Unternehmen Wissen und Know-how nur unter der Bedingung preisgeben, dass andere Unternehmen ebenfalls dieses Risiko eingehen. Es handelt sich demnach um einen reziproken Austausch (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 13).

Gegenüber dem positiven Effekt, der impliziert, dass die Innovationsfähigkeit des Netzwerks angeregt wird, existiert für die einzelnen Teilnehmer die Gefahr, ihre Einzigartigkeit bezüglich ihrer Kernkompetenzen zu verlieren. Des Weiteren wird durch die Tatsache, dass Unternehmen in der Regel Teilnehmer mehrerer Netzwerke sind, eine weitere Dimension des Wettbewerbs beschrieben, sodass die oben beschriebene Gefahr der Substitution ansteigt (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 13).

Die dritte Dimension hängt mit der Entwicklungsgeschwindigkeit der Unternehmen zusammen. Weicht die Entwicklung der Kernkompetenz eines Unternehmens von denen der anderen Unternehmen zu stark ab, so verliert das Netzwerk für sich schnell entwickelnde Unternehmen an Wert und Attraktivität (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 13).

Dies impliziert, dass Netzwerke durch einen internen Positionierungswettbewerb sowie einen externen Leistungswettbewerb gekennzeichnet sind (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 13 f.).

Bei der bisherigen Untersuchung des Netzwerkbegriffs war bereits auffällig, dass Netzwerke, obwohl sie auf Kooperation basieren, einen Wettbewerb nicht ausschließen. Gleichzeitig zeichnet sich ein Netzwerk durch eine Netzwerkteilnehmerzahl, die größer als zwei ist, sowie eine heterarchische Struktur aus (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 13).

Aufgrund dieser Eigenschaften lässt sich eine Begriffsähnlichkeit zur ‚zwischenbetrieblichen Kooperation‘ und zum ‚Kooperationsnetzwerk‘ herleiten. Der Kooperationsbegriff wird im Folgenden näher erläutert, um im weiteren Verlauf der Arbeit Überschneidungen mit dem Begriff der ‚Netzwerkorganisation‘ entgegenzuwirken. Eine Kooperation im Sinne der Betriebswirtschaft zeichnet sich dadurch aus, dass Unternehmen mit dem Ziel wirtschaftliche Vorteile zu generieren, zusammenarbeiten (vgl. Sydow 2005, S. 93).

2.5.2 Ansätze zur Entstehung von Netzwerken

Der Netzwerkbegriff ist Bestandteil aktueller Forschungen. Dabei ist der Begriff selbst keine neuartige Entwicklung. In der gegenwärtigen Zeit, aber auch schon in der Vergangenheit, kann man Netzwerke in verschiedenen Bereichen entdecken. Einige miteinander verknüpfte Computer stellen genauso ein Netzwerk dar, wie Freundschaftsbeziehungen zwischen verschiedenen Menschen. Es ist unumstritten, dass Netzwerke existent sind. Eine umfassende Erklärung zur Entstehung eben solcher Netzwerke gestaltet sich jedoch schwierig. Die in der aktuellen Literatur vorgestellten Ansätze zur Bildung von Netzwerken lassen sich in die beiden Bereiche ‚Neue Institutionsökonomik‘ sowie ‚Interorganisationstheorie‘ gliedern. Jeder der im Folgenden beschriebenen Netzwerkansätze ist jedoch nur ein Partialansatz, da eine ausgiebige Erklärung der Entwicklung ausbleibt (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 2).

Transaktionskostentheorie

Die Transaktionskostentheorie lässt sich dem Bereich der ‚Neuen Institutionsökonomik‘ zuordnen. Erklärungsgegenstand dieser Theorie sind unternehmerische Aktivitäten von Organisationen unter der Annahme, dass aufgrund von unvollständigen und bewusst unterschlagenen Informationen bzw. einer beschränkten Informationsverarbeitungsfähigkeit nur begrenzt rationale Entscheidungen getroffen werden (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 2).

Die im Namen der Theorie angesprochene Transaktion stellt den Übergang eines Objekts aus dem Wirkungskreis eines Akteurs in den Wirkungskreis eines anderen Akteurs dar. Die Kosten einer solchen Transaktion werden durch ‚Spezifität‘ sowie ‚Unsicherheit‘ beeinflusst. Die Transaktionskosten können ebenfalls in zwei Bereiche unterteilt werden. Zum einen entstehen ex ante Kosten für die Entwicklung, den Entwurf, die Verhandlungen usw. Außerdem fallen ex post Anpassungskosten sowie Kosten für Kontrollen und Überwachung der Austauschbeziehungen an. (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 3).

Die Einflussgröße ‚Spezifität‘ korreliert positiv mit dem Wertverlust, der durch nicht wahrgenommene Opportunitäten in Folge der Bearbeitung eines Objekts entsteht. Die Unsicherheit hingegen bezieht sich auf die Anzahl und den Umfang des Veränderungsprozesses (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 3).

Interessant im Hinblick auf eine Wettbewerbsverlagerung ist im Falle der Transaktionskostentheorie die Tatsache, dass durch unvollständige Informationen Spezifität sowie Unsicherheit und daraus resultierend die Transaktionskosten steigen.

Im Zuge der vierten industriellen Revolution könnte diesem Effekt entgegengewirkt werden. Voraussetzung dafür wären allerdings längerfristige, stabile Beziehungen, die eine Integration der Prozesse ermöglichen.

Austauschtheorie

Die Austauschtheorie bildet den zweiten Erklärungsansatz zur Entstehung von Netzwerken, die zwischen sowie innerhalb von Unternehmen bestehen können (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 7). Für die vorliegende Arbeit sind insbesondere die interorganisationalen Netzwerke von Bedeutung,

sodass diese im Folgenden im Fokus stehen. Die Theorie beruht auf den Annahmen, dass zum einen Ressourcenknappheit vorliegt und zum anderen, dass sich zum Netzwerk zugehörige Unternehmen auf bestimmte Kompetenzen spezialisieren (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 7).

Auf Basis dieser Annahmen findet ein freiwilliger Austausch zwischen Netzwerkteilnehmern statt, wenn der „Nutzen die Kosten des Austauschs übersteigt“ (Corsten, Gössinger 2008, S. 7). Dabei bildet der Austausch nur einen einzelnen einmaligen Akt einer langfristigen und andauernden Austauschbeziehung. Diese Beziehung wird einerseits durch unvollständige Verträge determiniert sowie andererseits durch Vertrauen koordiniert. Dabei ist der Einsatz der genannten Koordinationsinstrumente von der Dauer und der Existenz der Beziehung selbst sowie dem Verhalten der Partner abhängig (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 7). Dies meint, dass beispielsweise bei neu entstehenden Kooperationen ausführliche Verträge zwischen Unternehmen abgeschlossen werden, mit dem Ziel sich juristisch abzusichern. Besteht eine Zusammenarbeit hingegen seit einem längeren Zeitraum und die Beziehungspartner waren stets zuverlässig und vertrauensvoll, so verlieren Verträge an Bedeutung und das Vertrauen tritt als Koordinationsinstrument in den Vordergrund.

Das Vertrauen wird hier zur Koordination von Aktivitäten eingesetzt und kann formale Koordinationsinstrumente vollständig substituieren. Trotz langanhaltender Beziehung verfügt es jedoch über die Eigenschaft fragil zu sein und kann daher durch entsprechendes Verhalten der Akteure zerstört werden (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 7).

Auf mögliche Koordinationsinstrumente wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit eingegangen. An dieser Stelle lässt sich jedoch bereits festhalten, dass durch Vertrauen erst kurzzeitig existente Beziehungen zu langfristigen Austauschbeziehungen konvertiert werden können. Diese Beziehungen sind für die vorliegende Arbeit von Interesse, da sich folglich SCs ausbilden und diese hinsichtlich dem Ein- und Austritt stabilisiert werden können.

Resource-Dependence-Ansatz

Der Resource-Dependence-Ansatz erklärt die Entstehung von Netzwerken mit Rückgriff auf das Argument, dass Rohstoffe für Unternehmen, auf Grund ihrer Erforderlichkeit bezüglich der Leistungserstellung, existentiell wichtig sind. Jedoch verfügt kein Unternehmen über alle notwendigen Ressourcen, sodass an dieser Stelle ein Austausch mit anderen Unternehmen, die die benötigten Ressourcen innehaben, notwendig wird (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 7).

Durch diesen erforderlichen Austausch geben Unternehmen einen Teil ihrer Handlungsautonomie auf, indem sie von den Ressourcen anderer Unternehmen abhängig werden. Netzwerkteilnehmer versuchen durch Machtausübung und der Reduktion von Abhängigkeiten das Netzwerk nach ihren Wünschen zu koordinieren, wodurch sich Abhängigkeiten im Netzwerk verschieben (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S.8).

Aus dieser Perspektive lässt sich die Aufgabe der Autonomie als Preis für den Ressourcenzugang erfassen und es wird ersichtlich, dass ein Spannungsverhältnis zwischen Autonomie und Ressourcenzugang besteht. Falls das Spannungsverhältnis zu groß wird, werden Beziehungen zwischen Netzwerkpartnern aufgegeben. Dies impliziert, dass nur ein gewisser Grad an Hierarchie innerhalb eines Netzwerks möglich ist, da anderenfalls die Kosten in Form von einer Autonomieaufgabe zu hoch werden und Unternehmen die Beziehungen aufgeben würden. Für ein

beständig existentes Netzwerk, im Sinne einer SC ohne ständigen Wechsel der Teilnehmer, impliziert diese Theorie gleichmäßig verteilte Abhängigkeiten (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 7 f.).

2.5.3 Koordinationsformen und -instrumente von Netzwerken

Die aktuelle Wirtschaftssituation verlangt von Unternehmen die Fähigkeit, Wissen in rasantem Tempo zu erzeugen und zu akquirieren sowie auf Kundenwünsche einzugehen. Durch die Bewältigung dieser Herausforderungen können fortlaufend wirtschaftliche Vorteile realisiert werden (vgl. Wildemann 1998, S. 49).

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ist eine effiziente Gestaltung der Zusammenarbeit von Unternehmen notwendig. Diese resultiert sowohl in einer Reduktion der Komplexitätskosten als auch Koordinations- und Kontrollkosten, die ebenfalls von den angewendeten Koordinations- und Kontrollinstrumenten abhängig sind (vgl. Wildemann 1998, S. 38).

Als Koordinationsinstrumente und -mechanismen sind Verfahrensrichtlinien, Regeln und informelle Mechanismen sowie Substitution des Transaktionspartners, Vertrauen, Monitoring und Zielvorgaben zu nennen. Diese ermöglichen es gemeinsame Ziele festzulegen und bieten den Teilnehmern gleichzeitig ausreichend Handlungsspielraum. Außerdem können den einzelnen Akteuren durch Koordinationsinstrumente Produktions- und Entwicklungsumfänge zugeordnet, Anreize und Sanktionen geschaffen und die Leistungserstellung abgestimmt werden. Mit dieser Koordination geht stets ein intensiver Datenaustausch einher (vgl. Wildemann 1998, S. 38).

Koordinationsformen lassen sich grundsätzlich in zwei Typen gliedern. Hierbei handelt es sich zum einen um polyzentrische und zum anderen um hierarchisch-pyramidale Netzwerke (vgl. Wildemann 1998, S. 38 f.).

Polyzentrische Netzwerkekoordination

Polyzentrische Netzwerke zeichnen sich dadurch aus, dass sich mehrere Unternehmen einer Wertschöpfungskette gleichberechtigt in einem Netzwerk zusammenfinden. Zur Koordination wird das Horizontalprinzip angewendet, sodass eine Koordinations- und Aufgabenzuordnung durch die Spezialisierung der einzelnen Netzwerkunternehmen stattfindet.

Bei einer solchen Zusammenarbeit sind insbesondere die gemeinsamen Zielsetzungen, die „Gestaltung von Anreiz- und Sanktionsmechanismen sowie die Institutionalisierung einer vertrauensvollen Zusammenarbeit“ (Wildemann 1998, S. 39) kostenrelevant, da mit ihrer Hilfe Opportunitätskosten vermieden werden (vgl. Wildemann 1998, S. 39).

Aufgrund der Relevanz und Tragweite der Entscheidung zur Zusammenarbeit und Koordination werden Aufgaben diesbezüglich von der Organisationseinheit ‚Geschäftsführung‘ übernommen. Des Weiteren ist festzuhalten, dass dem Koordinationsinstrument ‚Vertrauen‘ ein besonderer Stellenwert aufgrund relationaler Verträge zugeschrieben wird (vgl. Wildemann 1998, S. 38 f.).

Die letztgenannten Aspekte können für weitere Untersuchungen von besonderer Bedeutung sein, da zum einen untersucht wird, wie Industrie 4.0 das Vertrauen zwischen Unternehmen fördern kann und

zum anderen Systeme existieren, die die im Zuge von Industrie 4.0 entstehenden Datenmengen gefiltert für bestimmte Unternehmensbereiche zur Verfügung stellen.

Hierarchisch-pyramidale Netzwerkkoordination

Eine weitere Struktur zur Koordination bilden hierarchisch-pyramidale Netzwerke. Darin richten sich die Teilnehmer auf ein einzelnes, führendes Netzwerkunternehmen aus. Dieses fokale Unternehmen übernimmt die Koordination, während die übrigen Mitglieder des Netzwerks in Abhängigkeit zu diesem stehen. Die Zusammenarbeit in dem genannten Netzwerk zeichnet sich durch Vorgaben und Kontrollen seitens des fokalen Unternehmens aus, die die abhängigen Unternehmen lediglich erfüllen. Ebenso werden Bestrebungen zur Optimierung der Produktivität und Flexibilität sowie die Koordination der Produktion von dem fokalen Unternehmen übernommen (vgl. Wildemann 1998, S.38 f.).

In der Vergangenheit hat sich diese Netzwerkstruktur jedoch insofern gewandelt, als dass Koordinationsaufgaben auf die Systemlieferanten übertragen wurden, um die Kontrollkosten für das fokale Unternehmen zu reduzieren sowie Wettbewerbsvorteile zu akquirieren (vgl. Wildemann 1998, S. 39).

Diese Koordinationsform zeichnet sich durch eine starke Hierarchie aus, in der die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit des fokalen Unternehmens im Vordergrund steht. Eine gleichberechtigte Zusammenarbeit zwischen den Netzwerkteilnehmern wird nicht angestrebt, da die Einhaltung von Zielsetzungen durch restriktive Maßnahmen motiviert wird. Ob und inwiefern die Technologien der vierten industriellen Revolution diese Struktur beeinflussen können wird im späteren Verlauf erörtert.

2.5.4 Erscheinungsformen von Netzwerken in einer Supply Chain und ihre Eigenschaften

Ähnlich wie Koordinationsformen von Netzwerken können die Netzwerke selbst in unterschiedlichen Formen mit unterschiedlichen Strukturen auftreten. Anhand der folgenden Definition eines strategischen Unternehmensnetzwerks werden im Folgenden dessen Eigenschaften erarbeitet.

„Ein strategisches Netzwerk stellt eine auf die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen zielende, polyzentrische, gleichwohl von einer oder mehreren Unternehmungen strategisch geführte Organisationsform ökonomischer Aktivitäten zwischen Markt und Hierarchie dar, die sich durch komplex-reziproke, eher kooperative denn kompetitive und relativ stabile Beziehungen zwischen rechtlich selbstständigen, wirtschaftlich jedoch zumeist abhängigen Unternehmungen auszeichnet“ (Sydow 2005, S. 82)

Aus dieser Definition lassen sich sechs Eigenschaften strategischer Unternehmensnetzwerke ableiten. Diese sind zum einen durch eine gemeinsame Zielausrichtung zur Generierung von Marktvorteilen gekennzeichnet, während die Führungsposition von einem geeigneten Unternehmen übernommen wird. Zum anderen sind die einzelnen Unternehmen für die Produktionsergebnisse sowie Kosten selbst verantwortlich, obwohl zwischen den Unternehmen Abhängigkeiten bestehen. Des Weiteren

fokussieren sich Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen, da sie aufgrund der ausbleibenden Integration von Unternehmen flexibel auf die Dienstleistungen der Netzwerkpartner zugreifen können. Dieser Zugriff von außen auf die Kernkompetenzen setzt zudem voraus, dass sich die einzelnen Netzwerkteilnehmer auf ihre Kernkompetenzen fokussieren. Eine weitere Eigenschaft bezeichnet die Kooperation zwischen Hierarchie und Markt, daher werden einige Beziehungen institutionalisiert während andere auf marktwirtschaftlichen Mechanismen beruhen. Die letzte Eigenschaft von Netzwerken bezieht sich auf die Stabilität der Strukturen. Diese ist relativ hoch, wobei durch den Wettbewerb innerhalb des Netzwerks trotzdem ein Austausch der Netzwerkpartner stattfinden kann. Auf interorganisatorischer Ebene lassen sich Netzwerke nach dem Kriterium der Arbeitsteilung in drei verschiedene Typen gliedern, die im Folgenden erläutert werden (vgl. Wildemann 1998, S. 60).

Horizontale Netzwerke

Horizontale Netzwerke zeichnen sich ähnlich wie die polyzentrische Koordinationsform durch den Zusammenschluss von Unternehmen auf derselben Ebene aus. Die Unternehmen gehören dabei der gleichen SC an und versuchen durch die Kombination von Flexibilität und Effizienz der einzelnen Teilnehmer, wirtschaftliche Vorteile zu generieren (vgl. Wildemann 1998, S. 61).

Bei den aufgebauten Verbindungen zwischen den Unternehmen handelt es sich um wechselseitige Beziehungen, die durch einen starken Informationsaustausch sowie hoher Qualität und Quantität charakterisiert werden. Diese Eigenschaften dienen als Antrieb für Innovationen, um die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC zu optimieren (vgl. Wildemann 1998, S. 63).

Vertikale Netzwerke

Vertikale Netzwerke bilden das Pendant zur hierarchisch-pyramidalen Netzwerkkoordination, indem sie ebenfalls eine pyramidale Struktur aufweisen, an dessen Spitze sich ein fokales führendes Unternehmen befindet. Unterhalb der Führungsspitze sind in absteigender Reihenfolge Kernlieferanten, Komponentenlieferanten sowie Teilelieferanten angesiedelt, sodass das führende Unternehmen die Kernfertigung innehat (vgl. Wildemann 1998, S. 63).

Eine intensive Zusammenarbeit mit einer geringeren Anzahl an explizit, aufgrund der Eignung ausgewählter Lieferanten, impliziert den Versuch, den Organisationsaufwand für das führende Unternehmen zu reduzieren. Dadurch ergeben sich zum einen Vorteile hinsichtlich des Organisationsaufwands des Herstellers und zum anderen bezüglich der Vermeidung von Doppelarbeit. Durch eine abgestimmte Zusammenarbeit können Aufgabenbereiche wie Endkontrolle beim Kernlieferanten und Eingangskontrolle beim Hersteller zusammengelegt werden. Es ergeben sich jedoch ebenfalls Nachteile, da den Lieferanten ein höherer Koordinations- und Managementaufwand zufällt. Zudem bedeutet es für den Hersteller, dass die Lieferantenauswahl an Bedeutung gewinnt (vgl. Wildemann 1998, S. 63 f.).

Laterale Netzwerke

Die lateralen Netzwerke sind dadurch gekennzeichnet, dass Unternehmen unterschiedlicher Bereiche eine Kooperation miteinander eingehen. Dies ermöglicht das Anbieten umfassender Systemleistungen, wobei der Komponentenlieferant als Generalunternehmer fungiert (vgl. Wildemann 1998, S. 64). Er koordiniert die Aktivitäten im Netzwerk und erbringt in Zusammenarbeit mit den Spezialisten des Netzwerks die Wertschöpfung. Die Kooperationen zwischen den Teilnehmern sind auf eine langfristige Dauer angelegt und werden vertraglich geregelt. Es entsteht ein sogenanntes virtuelles Unternehmen, das sich dadurch auszeichnet, dass Unternehmen die Netzwerkpartner wie ein einzelnes Unternehmen fungieren, sie faktisch jedoch keines darstellen (vgl. Wildemann 1998, S. 64).

Aus dieser Art von Netzwerken resultieren einige Vorteile wie beispielsweise, dass ein flexibler Zugriff auf die Ressourcen der Netzwerkteilnehmer möglich ist. Dieser Aspekt eröffnet für die Netzwerkakteure die Möglichkeit, sich auf die eigenen Kernkompetenzen zu konzentrieren, sodass auf hohe Investitionskosten außerhalb dieser Bereiche verzichtet werden kann (vgl. Wildemann 1998, S. 64).

Des Weiteren ist es für den Komponentenhersteller möglich die Distributionskosten durch das Umgehen von Handelsspannen zu reduzieren. Es ergibt sich ebenfalls die Gelegenheit die Akquisitionskosten zu reduzieren, da die Verträge auf eine langfristige Dauer angelegt sind, wodurch die Kundenakquise minimiert werden kann. Die dauerhafte Zusammenarbeit bietet weitere Vorteile dahingehend, dass bei dieser Art der Zusammenarbeit die Bedarfe und damit auch die Kapazitätsauslastungen besser planbar sind. Aus Sicht des Komponentenherstellers werden die Kapitalkosten ebenfalls verringert, da die Investitionskosten von mehreren Einheiten getragen werden (vgl. Wildemann 1998, S. 64).

2.5.5 Aktuelle und prognostizierte Situationen des Supply-Chain-Managements im Netzwerk unter Berücksichtigung der Konkurrenzsituation

Das SCM eines Unternehmens besitzt diverse Aufgaben, die unter den Begriffen ‚SC-Design‘, ‚-Planning‘ und ‚-Execution‘ zusammengefasst werden und bereits in Abschnitt 2.3 detaillierter erläutert wurden. Die Zielsetzungen des SCMs sind jedoch von der Netzwerkstruktur sowie dessen Machtverhältnissen abhängig. In Netzwerken mit partnerschaftlichen Verhältnissen zwischen den einzelnen Teilnehmern können beispielsweise gemeinsame Prozessoptimierungen durchgeführt werden, um die Effizienz der gesamten SC zu steigern. In einem hierarchischen Netzwerk hingegen werden solche Verbesserungsmaßnahmen durch das fokale Unternehmen erzwungen (vgl. Wendt, Schmitzer).

Im Folgenden wird die aktuelle Konkurrenzsituation zwischen den Teilnehmern einer SC anhand einiger Fallbeispiele und Studien im Detail dargestellt.

Aufgrund der Tatsache, dass deutsche Automobilhersteller als Vorreiter hinsichtlich neuer Technologien und Produktionstechniken gelten und diese damit als fortschrittlich angesehen werden, wird deren Netzwerkstruktur untersucht.

Klassisches hierarchisches Machtverhältnis in der Automobilindustrie

Auf der einen Seite steht das klassische Machtverhältnis, das durch ein starkes Gefälle zwischen Automobilhersteller und Zulieferer geprägt ist. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass Hersteller ihre Machtposition durch Auflagen und Vorgaben für die Zulieferer ausnutzen. Kostenvorteile werden über hohe Stückzahlen realisiert. Die Zulieferer können dabei nur auf die gestellten Aufgaben reagieren, anstatt aktiv mitzugestalten (vgl. Wendt, Schmitzer). Konkret bedeutet dies, dass Automobilhersteller die Risiken der Lagerhaltung auf Zulieferer überwälzen, da zu jeder Zeit bestimmte Mengen abrufbar sein müssen. Gleichzeitig wird das Absatzrisiko ebenfalls auf die Lieferanten übertragen, indem nach Möglichkeit keine Vereinbarungen bezüglich Mindestbestellmengen gemacht werden. Die Machtposition der Automobilhersteller geht sogar so weit, dass verschiedene Bereiche des Lieferanten von Produktion bis hin zur Qualitätssicherung kontrolliert werden. Entstehende Kosten für Zertifizierungen hat der Zulieferer selbst zu tragen (vgl. Corsten, Gössinger 2008, S. 14).

Im Sinne einer konfrontativen Zusammenarbeit mit den Lieferanten ist diese auf eine eher kurzfristige Dauer ausgelegt. Durch die benannten Eigenschaften werden die Bereiche ‚Forderungen‘ sowie ‚Förderungen‘ nur gering unterstützt. Als Forderungen werden Leistungsansprüche seitens des Automobilherstellers gegenüber den Lieferanten angenommen, während Förderungen dem monetären Aspekt im Sinne finanzieller Zugeständnisse entsprechen, die das Wohlwollen und Interesse des Automobilherstellers hinsichtlich des Erfolgs des Lieferanten betonen (vgl. Wendt, Schmitzer).

Partnerschaftliche Machtverhältnisse in der Automobilindustrie

Demgegenüber steht die zweite Art von Netzwerken, in denen die Zusammenarbeit durch Gleichberechtigung sowie ein partnerschaftliches Verhältnis gekennzeichnet ist. Auf Grund einer Zunahme der Komplexität von Baugruppen und Modulen hat eine Auslagerung der Wertschöpfung zu den Zulieferern stattgefunden, die einen Bedeutungsgewinn der Zulieferer impliziert. Infolge dieser Entwicklung nimmt der Einfluss dieser in der Automobilbranche zu. Die Automobilhersteller geben ihr Know-how an die Zulieferer weiter, sodass monopolistische Strukturen entstehen können. Zur Vermeidung eines solchen Monopols und aufgrund der Tatsache, dass die Leistungsfähigkeit der Automobilhersteller stark positiv mit der Leistungsfähigkeit der Zulieferer korreliert, sollten partnerschaftliche und vielfältige Beziehungen zwischen den SC-Teilnehmern angestrebt werden (vgl. Wendt, Schmitzer).

Kostensenkungen werden im Gegensatz zum klassischen Machtverhältnis nicht durch Masseneffekte erzielt, sondern indem gemeinsam mit den Zulieferern Prozesse und Technologien optimiert werden. Der Lieferant nimmt dabei eine aktive Rolle bei der Gestaltung der Zusammenarbeit ein. Aufgrund der langfristigen Ausrichtung der Zusammenarbeit werden Lieferanten anhand qualitativer Merkmale ausgewählt. Diese Eigenschaften führen dazu, dass die Bereiche Forderungen und Förderungen zwischen den Teilnehmern ausgebaut und verstärkt werden. Automobilhersteller, die diese Strategie der Zusammenarbeit verfolgen, setzen vermehrt auf Soft-Skills wie Offenheit, Fairness und Vertrauen. Diese Art der Zusammenarbeit bezieht sich lediglich auf direkte Lieferanten der Automobilhersteller. Bezüglich darüber hinaus gehender Beziehungen werden keine Angaben gemacht. Hinsichtlich der Kooperation zwischen den einzelnen Zulieferern ist festzuhalten, dass von den Herstellern die Strategie des ‚Dual Sourcing‘ verfolgt wird. Indem mehr als ein Lieferant für eine Baugruppe oder

ein Modul zur Verfügung steht, wird eine Konkurrenz zwischen diesen Lieferanten geschaffen, die einerseits dafür sorgt, dass Lieferanten nicht nachlässig werden, da sie sich zu sicher wähnen und andererseits kann dadurch das Gefühl vermittelt werden, ein besonderer Leistungsträger zu sein. Ein derart ausgeprägtes Netzwerk der Zusammenarbeit wird derzeit nur von Toyota unter dem Namen ‚Zulieferer-Keiretsu‘ betrieben (vgl. Wendt, Schmitzer).

Neben der aktuellen Konkurrenzsituation ist für den Einsatz von Industrie 4.0 ebenfalls die zukünftige Entwicklung der Konkurrenzsituation bedeutend. Zur genaueren Untersuchung dieses Aspekts wird im Folgenden ein Artikel zu diesem Thema, der eine Studie des Massachusetts Institute of Technology (MIT) zum Begriff ‚SC-Konkurrenz‘ beinhaltet, herangezogen.

Dieser untersucht, welche Auffassungen bezüglich der Konkurrenz zwischen SCs existieren, da die Vision konkurrierender SCs eine große Anhängerschaft besitzt und allgemein Akzeptanz erfährt. Die Autoren Rice und Hoppe stellen bei der Untersuchung der aktuellen Situation fest, dass es gegenwärtig nur wenige Beispiele gibt, in denen SCs untereinander konkurrieren. Hier sind Brax, Perdue Farms and Tyson Foods zu nennen. Auf den Großteil von SCs trifft dies jedoch nicht zu, da sich zum Beispiel in der Automobilindustrie OEMs Zulieferer teilen. Durch die Angehörigkeit eines Lieferanten zu zwei oder mehreren SCs ist eine Konkurrenz zwischen diesen SCs nicht möglich (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 47).

Trotzdem bleibt diese Vision, bedingt durch steigende Anforderungen an die SCs und deren Performance, ausgelöst durch die Globalisierung, bestehen. Dies wird durch ein Ergebnis der Studie deutlich, in der 70 Prozent der befragten 30 Experten im Bereich SCM eine Konkurrenz zwischen SCs prognostizieren (vgl. Rice, Hoppe 2001, S.47).

Konkurrenz zwischen geschlossenen SCs

Während sich die Experten zum größten Teil einig sind, dass es eine Konkurrenz zwischen SCs geben wird, besteht Uneinigkeit hinsichtlich der Umsetzung dieses Prinzips. Die Studie hat ergeben, dass 41 Prozent der Befragten von einer Konkurrenz zwischen SCs in der Art ausgehen, dass diese geschlossen, wie ein einzelnes Unternehmen, agieren (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 47 f.).

In der Praxis würde die Anwendung des ersten Szenarios implizieren, dass Lieferanten lediglich einen Kunden bedienen. Die daraus resultierenden Interessenkonflikte seitens des Lieferanten hinsichtlich Abhängigkeit und Absatzmöglichkeiten erschweren die Entstehung eines solchen Netzwerks. Falls ein Lieferant eine Beziehung mit konkurrierenden Unternehmen eingeht, um seinen Interessenkonflikt zu lösen, entsteht ein Interessenkonflikt seitens des Kunden. Der Lieferant signalisiert dadurch, dass die Beziehung mit dem Kunden keinen herausragenden Wert besitzt (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 48). Aufgrund dieser Tatsache wird der Kunde nur in geringerem Maße in diese Beziehung investieren, da ein möglicher Konkurrent bei Zusammenarbeit mit diesem Lieferanten ebenfalls profitieren würde. Die Kooperation dieser beiden Parteien wird folglich komplizierter. Gleichzeitig werden sensible Daten nicht an den Zulieferer weitergegeben, da diese ungewollt der Konkurrenz zuteilwerden können. Die genannten Probleme bedingen, dass der Aufbau einer besonderen Zusammenarbeit zwischen Kunden und Lieferanten erschwert wird. Ein weiterer wichtiger Aspekt, der diese Art der Konkurrenz zwischen SCs erschwert, ist, dass Investitionen des Kunden in die Lieferantenbeziehung

mit dem Ziel, einzigartige Fähigkeiten zu erzeugen, ebenfalls denjenigen Konkurrenten nützen, die mit diesem Lieferanten zusammenarbeiten (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 48 f.).

Obwohl dieses Szenario unrealistisch scheint, gibt es einige wenige Unternehmen, die eine solche Struktur aufgebaut haben. An dieser Stelle können ‚Tyson Foods‘ und ‚Perdue Farms‘ genannt werden. Diese Unternehmen lassen ihre gesamte SC gegeneinander konkurrieren. Ein weiteres Beispiel ist das deutsche Unternehmen ‚Brax‘, das sich auf die Produktion von Hosen aus tasmanischer Wolle spezialisiert hat. Diese wird eigentlich versteigert. Brax hat jedoch spezielle Einigungen mit besonderen Wollherstellern getroffen und kauft die gesamte Wolle außerhalb der Auktionen. Dies fördert unter anderem langfristige Beziehungen mit den Lieferanten (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 49).

Die drei vorgestellten Unternehmen sind beispielhaft dafür, dass es Zulieferer gibt, die lediglich ein einziges Unternehmen beliefern. Dies ermöglicht es, dass SCs wie ein einziges Unternehmen agieren, schafft jedoch auf Seiten der Zulieferer eine Abhängigkeit von dem führenden fokalen Unternehmen. Die Aussage „Perdue Farms and Tyson Foods pit their respective supply networks to compete against each other and others in the poultry market“ (Rice, Hoppe 2001, S. 49) von Rice und Hoppe impliziert, dass in diesen SCs führende Unternehmen existieren. Die Unternehmen lassen ihre SCs gegeneinander antreten. Eine weitere Eigenschaft solcher SCs, die ebenfalls eine Voraussetzung für die Entstehung einer solchen Konkurrenzsituation ist, liegt in der starken vertikalen Integrität der Unternehmen (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 49).

Konkurrenz zwischen SCs auf der Ebene einzelner Unternehmen

Von einer Konkurrenz zwischen einzelnen Unternehmen der SCs gehen 37% der Befragten aus. Dieses Szenario basiert darauf, dass die Servicefähigkeit sowie die Fähigkeit günstig zu produzieren sich auf die gesamte SC in Form von Reaktionsvermögen sowie Effektivität und Effizienz auswirken (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 48).

Einzelne Unternehmen einer SC konkurrieren mit anderen Unternehmen einer SC. Dazu kooperieren Unternehmen mit den Zulieferern bzw. Kunden der SC, um einzigartige Lösungen und Werte zu erarbeiten, die wiederum die Konkurrenzfähigkeit der gesamten SC erhöhen. Aus diesem Grund können solche Vorhaben auch durch andere SC-Teilnehmer fremdfinanziert werden, da die Auswirkungen global sind (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 51).

Ergänzend hierzu gehen die Unternehmen Kooperationen mit direkten Zulieferern und Kunden ein, indem sie deren Fähigkeiten integrieren. Dies findet Anwendung in einer gemeinsamen Produktentwicklung, Joint Marketing sowie bekannten Konzepten wie JIT, VMI oder Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CFPR) (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 51).

Aus der Kooperation direkter Nachbarn in der SC resultieren einige Vorteile. Zum einen entsteht durch eine enge Zusammenarbeit ein Wertzuwachs, der quantifizier- und messbar ist. Des Weiteren ist der Informationsaustausch zwischen direkt benachbarten Partnern der SC unvermittelt und kann zur besseren Abstimmung verwendet werden. Zudem kann dieser besser kontrolliert werden als ein Informationsaustausch zwischen Partnern, die über mehrere Stufen voneinander entfernt stehen. Abgesehen von diesen Vorteilen ist es zudem möglich, spezielle Beziehungen mit den Lieferanten aufzubauen, beispielsweise hinsichtlich Produktentwicklung, Service etc. Eine solche Beziehung zu

einer Vielzahl von Partnern in der SC herzustellen scheint sich eher schwierig zu gestalten (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 51).

Der Fokus liegt hierbei auf der starken Integration der Fähigkeiten des einen Unternehmens in das andere, um eine starke Wertschöpfung zu ermöglichen. Als Beispiel kann die Transportverfolgung für den Endkunden genannt werden. Nutzt der Lieferant ein Transportunternehmen, wie beispielsweise die deutsche Post, kann dieser folglich dem Endkunden die Sendungsnummer zur Verfolgung übermitteln. Durch die Integration der Fähigkeiten der Deutschen Post in das eigene System würde dem Endkunden die Sendungsverfolgung unvermittelt bei Aufruf der Transaktion zur Verfügung stehen und der Servicegrade würde steigen (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 52).

Channel Master der SC konkurrieren

Eine weitere Sichtweise zur Konkurrenz zwischen SCs stellt der Wettbewerb zwischen den fokalen Unternehmen einer SC dar, die diese kontrollieren, indem sie die „Terms of Trade“ vorgeben (vgl. Rice, Hoppe 2001, S.48).

Diese Prognose weist einige Gemeinsamkeiten mit der Konkurrenz zwischen geschlossenen SCs auf. Es existiert ebenfalls ein führendes Unternehmen in der SC. Dieses steuert und koordiniert jedoch die Aktivitäten der SC-Mitglieder im Netzwerk. Der Unterschied besteht darin, dass dieses Unternehmen die übrigen Teilnehmer der SC nicht stark integriert und die Koordination über die ‚Terms of Trade‘ stattfindet. Zudem kann der Zulieferer Beziehungen zu mehreren konkurrierenden Kunden unterhalten. Aufgrund der mangelnden Integration bieten sich dem fokalen Unternehmen zwei unterschiedliche Möglichkeiten zu handeln. Einerseits kann das Unternehmen eine wohlwollende Haltung einnehmen und das Wohlergehen der gesamten SC bei der Planung berücksichtigen, andererseits kann das fokale Unternehmen die Bedürfnisse der SC ignorieren und die eigenen wirtschaftlichen Interessen in den Fokus seiner Handlungen stellen. Einige Beispiele für diese Art von Konkurrenz zwischen SCs stellen die Unternehmen WalMart oder auch Dell Computer dar (vgl. Rice, Hoppe 2001, S. 52).

3 Industrie 4.0

3.1 Begriffsbestimmung von Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 hat verschiedene Facetten. Im historischen Kontext kann Industrie 4.0 als die vierte industrielle Revolution betrachtet werden. Die bisherigen Revolutionen zeichnen sich durch das Auslösen technischer Innovationen aus (vgl. Obermaier 2016, S. 3). Die bisherigen industriellen Revolutionen können in die Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung gegliedert werden. Die Mechanisierung zeichnet sich durch den Ersatz menschlicher Arbeit durch Dampfmaschinen aus, während die Automatisierung durch den Zugriff auf elektrische Energie, die die technologische Innovation darstellt, ausgelöst wurde. Die dritte industrielle Revolution in Form der Digitalisierung ermöglichte durch programmierbare Maschinen und der damit einhergehenden Automatisierung und Standardisierung eine Produktivitätssteigerung (vgl. Obermaier 2016, S. 3).

Seit einigen Jahren durchläuft die Industrie zum vierten Mal einen einschneidenden Veränderungsprozess, der durch neue Technologien vonstattengeht. Dieser Prozess beinhaltet die Vernetzung von Produktion, Produkten und Dienstleistungen via Netzwerken sowie die Integration von Software in diesen Bereichen, was auch als ‚Cyber-Physical System‘ (CPS) bezeichnet wird (vgl. Sandler 2013, S. 1; vgl. Obermaier 2016, S. 3). Resultierend daraus wirkt sich der Veränderungsprozess sowohl auf Produkte sowie Dienstleistungen als auch auf die Entwicklung und Produktion bezüglich eines sinnvollen Einsatzes von Software aus (vgl. Sandler 2013, S. 1).

In diesem Kontext sollte angemerkt werden, dass sowohl die Zählweise als auch die Frage, ob es sich tatsächlich um eine Revolution oder doch nur um eine Evolution handelt, umstritten sind. Dabei ist die Zählweise von dem jeweiligen Fachgebiet abhängig, das sich mit der industriellen Revolution befasst. Hier können der historische und sozialwissenschaftliche Bereich genannt werden, die eine unterschiedliche Auffassung besitzen (vgl. Obermaier 2016 S. 3).

Die Frage nach Revolution oder Evolution kann ex ante nicht beantwortet werden, denn Revolutionen lassen sich erst ex post erkennen. Dies lässt sich insofern erklären, als dass sich Revolutionen langsam anbahnen und in diesem Zeitbereich einen evolutionären Charakter besitzen. Sie entwickeln plötzlich eine Dynamik, die bestehende Strukturen und Methoden verändert oder auslöscht und neue hervorbringt (vgl. Obermaier 2016, S. 4).

Eine weitere Sichtweise auf den Begriff Industrie 4.0 findet sich in Zusammenhang mit der deutschen Bundesregierung, die unter diesem Begriff ein Projekt eröffnete, das die klassische Fertigungsindustrie mittels digitaler Vernetzung für die Zukunft vorbereiten sollte. Diese Maßnahmen sollen die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie garantieren und damit Deutschland als Industriestandort sichern (vgl. Obermaier 2016, S.1). Das genannte Projekt wurde erstmals im Jahr 2011 auf der Hannover Messe präsentiert (vgl. Köhler-Schute 2015, S. 15).

Eine Definition dieses Begriffs wurde von ‚Plattform Industrie 4.0‘, einem Zusammenschluss von Industrieverbänden mit dem Bundeswirtschafts- und Bundesförderungsministeriums, als Leitungsebene entwickelt. Diese lautet wie folgt:

„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“ (Plattform Industrie 4.0 2015, S. 8).

Die Definition lässt sich in zwei Teile gliedern. Der Erste handelt von der Funktion und dem Wirkungsbereich von Industrie 4.0. Die Bereiche Konstruktion und Entwicklung sollen mit der Produktion und Logistik verknüpft werden, um steigenden, individualisierten Kundenwünschen gerecht zu werden (vgl. Obermaier 2016, S. 8).

Darüber hinaus besteht ,laut Obermaier, ein Ziel darin, das Produkt unmittelbar an die Kundenwünsche anpassen zu können und damit die bisher vorherrschende Zweiteilung zu überwinden (vgl. Obermaier 2016, S. 8). Mit der ‚Zweiteilung‘ ist gemeint, dass sich kurzfristige Kundenwünsche an das Produktprogramm anpassen müssen und diese erst langfristig gesehen in das Produktionsprogramm aufgenommen werden können (vgl. Obermaier 2016, S. 8).

Der zweite Teil der Definition bezieht sich auf die Technologien sowie die entstehenden Strukturen und Prozesse (vgl. Obermaier 2016, S. 8). Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette, wobei keine Differenzierung zwischen intern und extern stattfindet.

Trotz der Länge und Komplexität der Definition soll diese als Grundlage im weiteren Verlauf der Arbeit verwendet werden, da sie unterschiedlichste Aspekte umfasst.

Zum Schluss sei darauf hingewiesen, dass trotz der Aktualität und Vielfalt des Begriffs Industrie 4.0 bzw. möglicherweise genau deswegen, der Inhalt sowie der Nutzen der Vernetzung und neuen Technologien für die Wertschöpfung unbekannt ist (vgl. Köhler Schute 2015, S. 16).

3.2 Technologieansätze von Industrie 4.0 in einer Supply Chain

Die bisherigen Revolutionen wurden durch markante Entwicklungen und technische Errungenschaften angestoßen. Die sogenannte vierte und aktuelle Revolution zeichnet sich durch eben diese Neuerungen aus, selbst wenn sie scheinbar nicht mit der Erfindung der Dampfmaschine etc. gleichzustellen sind.

Um ein Grundverständnis für die verwendeten Technologien zu erlangen, werden diese im Folgenden näher erläutert, um im späteren Verlauf auf explizite Anwendungsbeispiele eingehen zu können.

Cyber-Physische Systeme

CPSs, die im deutschen Sprachgebrauch als Cyber-Physische Systeme bezeichnet werden, sind ein grundlegender Bestandteil von Industrie 4.0 und sind notwendig, um die Entstehung von intelligenten Fabriken, auch ‚Smart Factories‘ genannt zu ermöglichen (vgl. Kurbel 2016, S. 519).

CPSs zeichnen sich dadurch aus, dass physische Systeme die Fähigkeit besitzen, Daten mittels Sensoren zu generieren und zu verarbeiten sowie mittels Aktoren aktiv auf reale Vorgänge Einfluss zu nehmen. Die einzelnen Systeme können lokal als auch global miteinander vernetzt sein und stellen Schnittstellen für Menschen, intelligente Objekte sowie andere CPSs bereit (vgl. Kurbel 2016, 519). Im Zusammenhang mit der Produktion können bei CPSs intelligente Anlagen und Maschinen angenommen werden, die mittels ‚Embedded Systems‘ zur Kommunikation befähigt werden. Die Kommunikation zwischen Maschinen wird dabei als Maschine-to-Maschine-Kommunikation (M2M-Kommunikation) bezeichnet, mit deren Hilfe die Komplexität in der Produktion beherrschbar gemacht werden soll (vgl. Huber 2016, S.38 f.).

CPSs ermöglichen es, sich selbst steuernde sowie konfigurierende und damit optimierende Anlagen zu realisieren. Für die Steuerung solcher Maschinenverbunde werden Cyber-Physical-Production Systems eingesetzt, die eine Weiterentwicklung von Manufacturing Execution Systems (MES) darstellen (vgl. Huber 2016, S. 39).

Während in der Vergangenheit die Produktion beispielsweise in einem Unternehmen zentral gesteuert wurde, führt die Vernetzung und automatische abgestimmte Optimierung der einzelnen Anlagen zu einer dezentralisierten Steuerung und einer stark vernetzten Kommunikationsstruktur (vgl. Huber 2016, S. 39).

Das Ziel des Einsatzes von CPSs ist die Optimierung und Verbesserung der Produktion, indem eine anpassungsfähige Produktion realisiert wird (vgl. Huber 2016, S. 38). Dies bedeutet, dass Vorteile der Massen- und Serienproduktion auf die Einzel- und kundenspezifische Fertigung übertragen werden. In diesem Zusammenhang spricht man auch von ‚Mass Customization‘. Ermöglicht wird dies durch den Wegfall von Rüstkosten, indem Rüstvorgänge von den Maschinen selbstständig softwarebasiert angestoßen und durchgeführt werden. Das Prinzip einer Produktion, bei der die Losgröße eins beträgt wird als ‚One-Piece-Flow‘ oder ‚Losgröße 1‘ bezeichnet (vgl. Huber 2016, S. 521 f.).

Neben den bereits genannten Vorteilen, ergeben sich die Folgenden:

- Eine optimierte Instandhaltung, indem Maschinen selbst Diagnosen erstellen und Wartungszeitpunkt festlegen, was zu einer gesteigerten Kapazitätsauslastung und Produktivitätssteigerung führt

- Die Produktentwicklung sowie Zulieferer können intensiv in die Produktion einbezogen werden (vgl. Huber 2016, S. 40).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass CPSs allgemein gesehen einen enormen wirtschaftlichen Vorteil ermöglichen, der sich eventuell auf die Wettbewerbssituation zwischen SCs auswirkt. Dabei sollten die Risiken, die im späteren Verlauf erläutert werden nicht unberücksichtigt bleiben.

Big Data

Die Übersetzung des Begriffs ‚Big Data‘ signalisiert, dass es sich bei diesem Thema grundlegend um große Datenmengen handelt. Die Brisanz dieser Angelegenheit spiegelt sich in aktuellen Themen wie der Vorratsdatenspeicherung wider. Ein weiteres Indiz für die Bedeutung von Daten ist deren Charakterisierung als Rohstoffe des 21. Jahrhunderts (vgl. Huber 2016, S. 54).

Big Data setzt voraus, dass die Verarbeitung großer Datenmengen, folglich das „Sammeln, Speichern, Filtern, Analysieren, Verdichten und Visualisieren“ (Huber 2016, S. 54) realisiert werden kann. Die Herausforderungen liegen dabei nicht nur im technischen, sondern auch im organisatorischen Bereich sowie dem Datenmanagement (vgl. Huber 2016, S. 54).

Eine Besonderheit von Big Data liegt in der Problembewältigung. In der Vergangenheit versuchte man Zusammenhänge herzustellen, um eine Aussage zu treffen. Big Data hingegen geht nicht auf die Erklärung von Ursache-Wirkungszusammenhängen ein, sondern erkennt anhand der Daten Kausalitäten und Muster, ohne eine Begründung zu finden. Aufgrund dieser Vorgehensweise ist es wichtig, große Datenmengen auszuwerten, um eine stichhaltige Aussage zu erhalten. Im Zuge dessen fallen die Begriffe der externen und internen Digitalisierung, da diese die Grundlage der Datenbeschaffung darstellen (vgl. Huber 2016, S. 54 f.).

Ermöglicht wurde Big Data durch technologische Weiterentwicklungen, die beispielsweise zu einer Reduzierung der Speicherkosten führten, sowie Mehrkern-Rechner und angepasste Algorithmen für parallel arbeitende Prozesse (vgl. Huber 2016, S. 55). Diese Entwicklungen führen zu einer erhöhten Transparenz von Informationen und steigern die Frequenz der Datenverarbeitung, sodass Simulationen auf Basis von Daten durchgeführt werden können, die zuvor nicht möglich waren (vgl. Fasel, Meier 2016, S. 5 f.). Die Verarbeitung großer Datenmengen findet dabei in diversen Bereichen wie

- „Nachverfolgung und Auswertung
- Suchen und Identifizieren
- Analysieren
- Vorhersage und Planen
- Datenmanagement und -integration“ (Huber 2016, S. 55) Anwendung.

Big Data lässt sich mittels vier bzw. fünf V’s charakterisieren, auf die im Folgenden eingegangen wird:

1. Volume: Die Größe der Datenmenge umfasst einen Bereich zwischen Tera- und Zetta-Byte, also 10^{12} bis 10^{21} Byte. Pro Tag können dabei Datenmengen von einem bis 100 Terra-Byte auftreten.

2. Variety: Der Begriff beschreibt die Vielfalt der Daten, die gesammelt werden. Diese müssen nicht mehr strukturiert sein, sondern können auch semi- bzw. unstrukturiert sein, weshalb klassische Datenbanken an dieser Stelle versagen und NoSQL-Technologien zum Einsatz kommen. Als Beispiel können hier Posts auf Facebook angeführt werden, die in Form von einfachen Texten, Links bis hin zu Bildern vorkommen und von Facebook für unternehmerische Zwecke ausgewertet werden.
3. Velocity: Dieser Begriff bedeutet übersetzt ‚Geschwindigkeit‘. Die Geschwindigkeit bezieht sich einerseits auf die Erzeugung der Daten und damit auf ihre Aktualität sowie andererseits auf die Auswertung und Analyse des Datenflusses, die in Echtzeit geschehen sollen.
4. Veracity: Dieser Aspekt beschreibt die Glaubwürdigkeit der Daten. Dazu werden Algorithmen eingesetzt, die die Glaubwürdigkeit und Qualität der Daten bestimmen. Dies ist ein wichtiger Aspekt, da Auswertungen qualitativ gering sein können, falls die Daten unglaubwürdig und falsch sind.
5. Value: Dieser Aspekt wird nicht durchgehend in der Literatur erwähnt. Es handelt sich dabei um das Ziel, durch den Einsatz von Big Data den Wert des Unternehmens zu steigern.

Radio Frequency Identification

RFID stellt die Abkürzung für ‚Radio Frequency Identification‘ dar und bezeichnet ein System zur kontaktlosen Übertragung von Informationen, speziell zur Identifikation von Objekten. Die Datenübertragung erfolgt mittels Funkwellen, deren Reichweite abhängig von den verwendeten Komponenten einige Meter bis hin zu mehreren Kilometern betragen kann (vgl. Kurbel 2016, S. 511).

Das Übertragungssystem besteht aus den drei Komponenten ‚Transponder‘, ‚RFID-Leser‘ sowie ‚Middleware‘.

Transponder bestehen aus einem Mikrochip, kombiniert mit einer Mikrowellenantenne zur Informationsübertragung. Sie können in zwei Kategorien unterteilt werden, die spezifische Vor- und Nachteile aufweisen.

Passive Transponder bilden die erste Gruppe und zeichnen sich dadurch aus, dass sie weder eine eigene Spannungsquelle, noch eine eigene Steuerung, daher einen Mikrocontroller, besitzen. Aufgrund dieser technischen Gegebenheiten liegt die Speicherkapazität eines passiven Transponders bei einigen Datenbytes. Darüber hinaus ist die Reichweite durch eine fehlende eigene Stromversorgung eingeschränkt. Die notwendige Energie für den Informationsaustausch zwischen Transponder und RFID-Leser erfolgt über die Antenne und über ein elektromagnetisches Feld (vgl. Kurbel 2016, S. 511).

Die zweite Gruppe der Transponder besteht aus den aktiven Transpondern. Diese zeichnen sich durch eine integrierte Stromversorgung in Form einer Batterie aus. Infolgedessen kann eine Reichweite von mehreren 100 Metern bis hin zu einigen Kilometern realisiert werden. Des Weiteren kann ein aktives Übertragungsgerät eine größere Anzahl an Aufgaben übernehmen (vgl. Kurbel 2016, S. 512).

Eine zweite Komponente dieses Kommunikationssystems stellt der RFID-Leser, auch RFID-Reader genannt, dar. Dieses Gerät sendet Funkwellen aus, die ein elektromagnetisches Feld erzeugen und den

Mikrochip aktivieren. Im Zuge dessen können von dem Transponder die Identifikationsnummer sowie weitere relevante Informationen abgerufen werden (vgl. Kurbel 2016, S. 512).

Ein enormer Vorteil von RFID ist, dass kein Sichtkontakt zwischen Transponder und Reader notwendig ist. Dadurch wird ein so genanntes ‚Bulk Reading‘ ermöglicht, sodass mehrere Gegenstände, die mit einem Transponder ausgestattet sind, gleichzeitig ermittelt werden können, beispielsweise wenn Kartons durch ein RFID-Portal transportiert werden (vgl. Kurbel 2016, S. 513 f.).

Ein Computer, der mit einer Middleware ausgestattet ist, repräsentiert die dritte Komponente. Er bildet die Schnittstelle zum RFID-Reader und kann die ausgelesenen Informationen an externe Systeme weiterleiten (vgl. Kurbel 2016, S. 513).

Digitale Fabrik

Die Digitale Fabrik umfasst unterschiedliche digitale Werkzeuge, Modelle und Methoden, mit dem Ziel der ganzheitlichen Planung, Bewertung und Verbesserung aller mit einem Produkt in Beziehung stehender Strukturen und Prozessen. Aufgrund dieser Beziehung ist die Digitale Fabrik auf der Produktionsebene angesiedelt. Die oben genannten Ziele werden u.a. durch Simulationen an der virtuellen Fabrik und 3D-Visualisierungen ermöglicht. Der Einsatz der digitalen Fabrik stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor bei der Bewältigung einer steigenden Zahl von Modellen sowie Varianten dar. Dabei beschränkt sich die digitale Welt nicht nur auf ein einzelnes Unternehmen, sondern integriert ebenfalls Lieferanten, um eine möglichst effiziente Produktion zu realisieren (vgl. Huber 2016, S. 84). Der Einsatz der digitalen Fabrik ermöglicht diverse Vorteile hinsichtlich

- *„Bestandsreduzierung und Vermeidung von Engpässen (Materialflusssimulationen),*
- *Kontinuierliche Planung und Optimierung auf Grund sich verändernder Rahmenbedingungen,*
- *Effizienzsteigerung durch die Verkürzung der Planungszeiten und Verringerung von*
- *Planungsfehlern,*
- *Erhöhung der Fabrikauslastung,*
- *Frühzeitiges Absichern von Planungs- und Entwicklungsergebnissen,*
- *Reduzierung der Anzahl an Änderungen sowie*
- *einer Kommunikationsverbesserung über Bereichsgrenzen hinweg“ (Huber 2016, S.84).*

Horizontale Integration

Ein weiterer Aspekt von Industrie 4.0 stellt die horizontale Integration dar, die den Fokus auf globale Wertschöpfungsnetzwerke legt. Sie beschreibt die firmenübergreifende Zusammenarbeit, aus der Produktions- und Wertschöpfungsverbände entstehen (vgl. Huber 2016, S. 76). Dieser Trend bedingt eine gesteigerte Nachfrage nach nahtloser Integration. Auf technischer Ebene wird zwischen zwei Lösungsmöglichkeiten unterschieden. Es kann sowohl eine nahtlose Integration über cloudbasierte Lösungen als auch eine mittels definierter Standards realisiert werden. Das Hauptproblem bei der horizontalen Integration stellt damit die Interoperabilität dar (vgl. Huber 2016, S. 76).

Die firmenübergreifende Zusammenarbeit kann in diesem Zusammenhang sowohl zwischen benachbarten Unternehmen als auch zwischen Unternehmen gleicher horizontaler Ebene stattfinden

(vgl. Huber 2016, S. 76). Dieser Aspekt ist besonders hinsichtlich der Kooperation zwischen Netzwerkpartnern bedeutend.

Cloud-Computing

Das Cloud-Computing stellt IT-Dienstleistungen dar, die über das Internet angeboten werden und dort verfügbar sind. Folglich können Unternehmen sehr flexibel und auf den eigenen Bedarf angepasst von den angebotenen Dienstleistungen Gebrauch machen. Die Verfügbarkeit in Echtzeit ist dabei von der Leistungsfähigkeit der Dienste abhängig (vgl. Huber 2016, S. 60 f.).

Die angebotenen IT-Dienstleistungen können hinsichtlich ihres Umfangs unterschieden werden. Der Serviceumfang nimmt über die Bereiche ‚Infrastructure-as-a-Service‘ (IaaS), ‚Platform-as-a-Service‘ (PaaS) bis zu ‚Software-as-a-Service‘ (SaaS) zu. Während die Ebene IaaS lediglich Rechenleistungen zur Verfügung stellt, werden bei PaaS schon einzelne Programme in der Cloud ausgeführt, entwickelt und evaluiert. Die Ebene SaaS ermöglicht es unter anderem vollständige ERP-Systeme über die Cloud abzuwickeln (vgl. Huber 2016, S. 61).

Des Weiteren wird in der Praxis nach der Art der Cloud hinsichtlich des Zugriffs unterschieden. Clouds können die Attribute Private, Public, Hybrid und Community ausweisen. Eine Public Cloud zeichnet sich dadurch aus, dass Daten und Funktionalitäten für die Öffentlichkeit über das Internet zugänglich sind. Dies ist für Unternehmen mit sensiblen Daten aus Produktion sowie Forschung und Entwicklung kontraproduktiv. Das Gegenstück dazu bildet die Private Cloud. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass die Funktionen und Daten nur für Mitarbeiter zugänglich sind und bietet somit ein hohes Maß an IT-Sicherheit. Die Daten können sowohl auf unternehmenseigenen als auch auf Servern von Drittanbietern liegen. In der Praxis liegen man häufig Private Clouds vor (vgl. Huber 2016, S. 61).

Eine Kombination dieser beiden Anwendungen bildet die Hybrid Cloud. Sensible Daten eines Unternehmens werden in einer privaten Cloud gespeichert, während weniger sensible Daten aus Kostengründen in einer öffentlichen Cloud gespeichert werden. Diese Methode bietet die Möglichkeit einer Kostenreduzierung. Dabei besteht jedoch die Herausforderung einer korrekten Trennung zwischen sensiblen und nicht sensiblen Daten (vgl. Huber 2016, S. 61).

Eine weitere Art stellt die Community Cloud dar. Diese ist ebenfalls nicht öffentlich zugänglich, sondern auf einzelne Teilnehmer beschränkt, die auf gemeinsame Daten zugreifen können. Die Community Cloud wird häufig bei gemeinsamen Projekten zwischen Unternehmen angewendet. Sie vereinfacht die Zusammenarbeit und führt zu einer höheren Effizienz dieser. Diese Art der Cloud ist aktuell nicht sehr weit verbreitet. Sie findet jedoch im Zuge von Industrie 4.0 einen starken Aufschwung (vgl. Huber 2016, S. 61).

Allgemein ergeben sich durch die Verwendung von Clouds diverse Vorteile:

- „Reduzierung des IT-Budgets
- Bessere Skalierbarkeit der IT-Infrastruktur und IT-Leistungen
- Höherer Innovationsgrad
- Bessere Performance und Verfügbarkeit
- Generierung neuer Geschäftsmodelle
- Fokus auf die Unternehmenskernaufgaben

- Effizienzsteigerung“ (Huber 2016, S. 60)

Entgegen der zahlreichen Vorteile dieser Technologie stellt fehlendes Vertrauen in Drittanbieter sowie das Vertrauen in Lieferanten und Partner bezüglich des Umgangs mit den Daten ein Hindernis dar (vgl. Huber 2016, S. 61 f.).

3D-Drucker

Als 3D-Drucker werden Maschinen bezeichnet, mit denen 3-dimensionale Objekte hergestellt werden können. Der Hinweis der Namensgebung auf ‚Drucker‘ kann hier jedoch irreführend sein. Bei der Herstellung von Objekten mit diesem Verfahren werden sukzessiv einzelne Schichten aufeinander aufgebaut. Im Gegensatz zu herkömmlichen, subtraktiven Fertigungsverfahren gehört der 3D-Druck zu den additiven Fertigungsverfahren. Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren liegt darin, dass bei subtraktiven Verfahren ein Produkt aus einem Rohling durch Materialabnahme hergestellt wird, während additive Verfahren schichtweise Werkstoff auftragen und damit keinen überflüssiges Material verwenden (vgl. Huber 2016, S.33 f.).

In Abhängigkeit von dem Material werden die einzelnen Schichten in unterschiedlichen Verfahren aufgetragen. Man differenziert insgesamt zwischen drei unterschiedlichen Verfahren. Eines davon wird durch das Schmelzverfahren repräsentiert. Dieses wird in den meisten Fällen für Kunststoffe verwendet. Dabei wird geschmolzenes Material mit einer Düse aufschichtet (vgl. Huber 2016, S. 34 f.).

Das Lasersintern, auch Sinterverfahren genannt, baut ein 3D-Objekt auf, indem das Material, das in Pulverform vorliegt, mit einem Laser geschmolzen wird. Das Objekt kann nach Fertigstellung aus einem Behälter, das das Materialpulver beinhaltet, entnommen werden (vgl. Huber 2016, S. 35).

Das dritte Verfahren wird als Stereolithographie betitelt. Dabei wird Kunststoff schichtweise aufgetragen. Die Besonderheit dieses Verfahrens liegt darin, dass im Anschluss an den Aufbau der Kunststoff mittels Laser gehärtet wird. Unabhängig von dem angewandten Verfahren bilden CAD-Daten die Basis für die Fertigung (vgl. Huber 2016, S. 35).

Die Fertigungstechnologie des 3D-Druckens impliziert einige Vorteile. Dazu gehört die Vermeidung von Materialverschwendung sowie die wirtschaftliche Fertigung von Kleinserien und Einzelteilen. Aufgrund der technischen Gegebenheiten können außerdem Geometrien hergestellt werden, bei denen andere Verfahren versagen (vgl. Huber 2016, S. 34 f.).

Ergänzend hierzu bringt diese Technologie auch Nachteile mit sich. Beispielsweise lassen sich keine Hochleistungsbauteile aus Hochleistungslegierungen herstellen. Ein weiterer negativer Aspekt ist, dass die Bauteilgröße gegenwärtig durch die Größe der Drucker selbst begrenzt ist. Des Weiteren mangelt es an Standardisierung beim Druckformat (vgl. Huber 2016, S. 35).

Trotz der Nachteile, die der 3D-Druck mit sich bringt, lässt sich festhalten, dass die Vorteile überwiegen. Darüber hinaus wird aktuell an einer Lösung dieser Nachteile gearbeitet, sodass diese in Kürze idealerweise behoben sein werden (vgl. Huber 2016, S. 35).

Assistenzsysteme

Assistenzsysteme lassen sich in die Kategorien ‚Augmented Reality‘ (AR) sowie ‚Virtual Reality‘ (VR) unterteilen. Erstere zeichnen sich dadurch aus, dass die Realität durch zusätzliche Informationen ergänzt wird. Es stellt damit eine Schnittstelle zwischen Realität und virtueller Realität dar. Der Einsatz dieser Technologie führt zu einer Kostensenkung, indem die ‚Such-Arbeitszeit‘ der Mitarbeiter reduziert wird sowie zu einer Verbesserung der Produktqualität, da durch automatische Soll-/Ist-Vergleiche sowie eingeblendete Anweisungen an den Mitarbeiter, Fehler vermieden werden. Die Technologie der zweiten Kategorie hingegen stellt ausschließlich die virtuelle Realität dar (vgl. Huber 2016, S. 78 f.).

3.3 Anwendungsbeispiele von Industrie 4.0

RFID bietet Unternehmen die Möglichkeit, Informationen, die zu einem bestimmten Objekt gehören, mit dem Materialfluss dieses Objekts zu verknüpfen. Des Weiteren ermöglicht die RFID-Technologie bei entsprechendem Einsatz, den Materialfluss über die gesamte Produktion zu verfolgen (vgl. Finkenzeller 2008, S. 469).

Die automatische Materialflussverfolgung stellt eine wichtige Voraussetzung für einen unterbrechungsfreien Fertigungsfluss in der auftragsbezogenen Fertigung dar. Zudem kann durch diese Technologie der ‚One-Piece-Flow‘ realisiert werden. Technische Möglichkeiten wie das Auslesen und insbesondere das problemlose Beschreiben der RFID-Chips sowie die eindeutige Identifikation an einzelnen Arbeitsstationen realisieren dies (vgl. Finkenzeller 2008, S. 469). Der Einsatz von RFID-Technologie bietet einige konkrete, bereits in der Praxis Anwendung findende, Einsatzmöglichkeiten, die im Folgenden skizziert werden.

Lagerhaltung und Kommissionierung

Der Arzneimittelgroßhändler Fa. Sanacorp hat die Warenezusammenstellung nach Lieferschein automatisiert. Dabei werden täglich bis zu 6000 Bestellungen in den Lagern zusammengestellt und transportiert. Die eindeutige Identifikation der Behälter, insbesondere im Bereich des Verladens, und ein störungsfreier Ablauf sind dabei, auf Grund der Bedeutung von Medizinprodukten, signifikant wichtig. Der anfängliche Einsatz von Barcodes mit dem Ziel der Identifikation verursachte bis zu 100 Fehlesungen pro Tag, die zu Falschlieferungen und Lieferverzögerungen führten. Eine Umstellung auf RFID-Chips, die in die Behälter integriert wurden, löste dieses Problem. Durch diese Veränderung ist es möglich Verzögerungen beim Verladen zu erkennen und zu melden sowie die Auslastung der einzelnen Ladestationen zu bestimmen (vgl. Finkenzeller 2008, S. 475 f.). Mit diesen Informationen kann eine gleichmäßige Auslastung umgesetzt sowie eine Realisierung von Gegenmaßnahmen bei Komplikationen realisiert werden und der Kunde wird unter Umständen über Verzögerungen informiert. Der Einsatz von RFID-Technologie resultiert in diesem Fall in einer technisch sicheren Kommissionierung (vgl. Finkenzeller 2008, S. 476).

Variantensteuerung mittels RFID

Der Einsatz von RFID-Technologie ermöglicht eine Variantensteuerung und den ‚One-Piece-Flow‘. Beispielhaft dafür ist ein Farbenhersteller, dessen Kunden unter anderem Heimwerker sind, die in kleinen Mengen Farben kaufen. Bei der Herstellung der Farben müssen verschiedene Aspekte, wie spätere Anwendungsbereiche, Untergründe, Mengen, Farbmischungen etc. beachtet werden (vgl. Kurbel 2016, S. 533).

Die Herstellung der Farben wurde durch den Einsatz der RFID-Technologie produktiver gestaltet, indem für jede Einzelbestellung ein RFID-Chip erstellt und dem Produkt angehängt wurde. Der RFID-Chip enthält dabei jegliche für die Herstellung relevanten Informationen sowie weitere Daten z.B. Hersteller- und Verarbeitungsdaten (vgl. Kurbel 2016, S. 533 ff.).

Die Informationen des RFID-Chips werden ausgelesen und von einer Mischmaschine zur Herstellung der Farben verwendet. Diese fügt die Grundfarben im richtigen Verhältnis und der richtigen Menge sowie weitere Additive zusammen (vgl. Kurbel 2016, S. 534 f.). Folglich ist eine Füllung der Behältnisse mit verschiedensten Produktvarianten auf einer einzigen Fertigungsstraße möglich.

Vendor Managed Inventory und Einhaltung der Bearbeitungsbedingungen mit RFID

VMI ist ein Verfahren des SCMs, bei dem der Lieferant für die Bestückung des Kundenlagers verantwortlich ist. Dieser überwacht das Kundenlager, erhält Verbrauchsprognosen des Kunden und füllt nach Bedarf auf. Mit Hilfe von RFID können solche Verfahren weiter automatisiert werden, wie anhand des folgenden Beispiels ersichtlich wird.

Es wird ein Kunde des oben beschriebenen Farberstellers angenommen, der Gehäuse herstellt und diese lackiert. Die einzelnen Gehäuse werden auch hier mittels RFID-Transponder markiert und führen relevante Herstellungsdaten mit sich. Durch die Bearbeitung in Form von Umformen, Bohren, Fräsen, Drehen etc. entstehen hohe Temperaturen. Zusätzlich können die gelieferten Lacke nur unter vorgegebenen Bedingungen verarbeitet werden (vgl. Kurbel 2016, S. 534).

Der Einsatz von RFID kann die Produktion hinsichtlich zweier Aspekte verbessern. Die Gehäuse werden nach der Bearbeitung zur Lackierstation weitergeleitet. An dieser Stelle wird mittels Sensoren die Temperatur des Gehäuses überprüft und mit den Verarbeitungsdaten, die auf dem RFID-Chip des Farbbehälters gespeichert sind, abgeglichen. Durch die Speicherung auf dem RFID-Chip sind die Informationen stets aktuell und abgeänderte Verarbeitungsangaben seitens des Herstellers werden unmittelbar in die Produktion integriert. Sollte die Gehäusetemperatur zu hoch sein, wird dieses einer Warteschlange zugeführt und zu einem späteren Zeitpunkt verarbeitet. Infolgedessen können Fehlproduktionen und Qualitätsmängel minimiert werden.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich durch die Nachlieferung der Farben. Auf den RFID-Chips der Farbbehälter sind wichtige Informationen gespeichert, darunter ebenfalls Informationen über Hersteller, Menge und Farbton. Die Lackiermaschinen überwachen den eigenen Füllstand mit Sensoren und generieren bei Unterschreiten einer festgelegten Grenze automatisch eine Nachbestellung (vgl. Kurbel 2016, S. 534). Auf Grund dessen wird ein Stillstand der Maschinen und daraus resultierende Konventionalstrafen vermieden sowie das Lager und Lagerkosten minimiert.

M2M-Kommunikation

Das oben dargestellte Szenario des VMI wäre nicht ohne M2M-Kommunikation möglich, bei der Maschinen untereinander Informationen austauschen. Weitere konkrete Anwendungsfälle für den Einsatz von M2M-Kommunikation findet man im Bereich der Maschinen- und Anlagenwartung. Durch M2M-Kommunikation in Zusammenspiel mit CPSs werden Maschinen in die Lage versetzt selbstständig Wartungsbedarf zu erkennen und eine Meldung auszulösen. Darüber hinaus wird durch CPSs die Fernwartung von Maschinen- und Anlagen ermöglicht (vgl. Huber 2016, S. 45).

Eine weiteres Beispiel für den Einsatz von M2M-Kommunikation findet sich im Bereich von Transportsystemen (vgl. Huber 2016, S. 46).

In diesem Zusammenhang kann das System der Firma ‚InSystems Automation‘ thematisiert werden. Autonome Transporteinheiten befördern Gegenstände mit Hilfe eines integrierten Navigationssystems. Dazu muss einmalig mit Hilfe eines Scanners eine 2D-Karte der Umgebung erstellt werden. Diese lässt sich am Computer bearbeiten und ermöglicht es, Sperrzonen für die Transporteinheiten oder Einbahnstraßen einzurichten. Die mobilen Einheiten stehen in ständigem Kontakt miteinander und berechnen ihre Transportwege selbst. Das Laden kann an festgelegten Parkstationen sowie während des Be- und Entladens der Gegenstände geschehen (vgl. Huber 2016, S. 47).

Ein weiteres Beispiel stellen die Entwicklungen der Firma ‚SEW-EURODRIVE‘ dar. Im Fokus steht die globale Vernetzung von Produktionseinheiten und Fertigungsinseln. In Abhängigkeit des Kundenauftrags werden die Fertigungsinseln angepasst, sodass sie diverse Aufgaben übernehmen und den Menschen unterstützen können. Die Energieversorgung erfolgt in diesem Beispiel induktiv, während die mobilen Einheiten Hauptwege befahren. Auf Nebenstrecken werden die Antriebe über Batterien versorgt. Folglich wird ein Halten für Ladevorgänge überflüssig, sodass ein Dreischichtbetrieb ermöglicht wird (vgl. Huber 2016, S.46).

Augmented Reality

Während VR eher in der Konstruktion und Entwicklung verbreitet ist, findet AR in der Produktion und Logistik Anwendung. Beispielhaft sind Systeme in Form von ‚Pick-by-Light‘ oder ‚Pick-to-Light‘, die im Bereich der Kommissionierung zu Einsatz kommen. Anstelle einer Packliste werden die zu einer Versandeinheit zusammenzustellenden Komponenten mittels Lichtzeichen markiert. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht darin den Mitarbeitern bei der Arbeit am Fließband bzw. in der Montage allgemein per ‚Smart Glasses‘ konkrete Informationen zur Verfügung zu stellen (vgl. Huber 2016, S. 80 f.).

Neben dem Einsatz zur Montage können Assistenzsysteme zur Unterstützung der Mitarbeiter in der Qualitätskontrolle, beispielsweise in der Lackkontrolle eines Automobilherstellers, eingesetzt werden. Die ‚Smart Glasses‘ erkennen mögliche Lackfehler und teilen diese dem Mitarbeiter mit, der daraufhin eine endgültige Einschätzung vornimmt (vgl. Huber 2016, S. 80).

Virtual Reality

Die Technologie ‚Virtual Reality‘ findet bevorzugt in den Bereichen Konstruktion und Entwicklung Anwendung. Beispiele für dessen Anwendung finden sich unter anderem in der Betrachtung von Fertigungstoleranzen in einer dreidimensionalen Umgebung. Der Einsatz in diesem Bereich bringt Vorteile in der Produktion mit sich, indem Ausschuss sowie Nacharbeit vermieden wird (vgl. Rademacher et al. 2014, S. 14).

Ein weiterer Anwendungsfall ergibt sich in der Analyse des betrachteten Konstruktionsobjekts hinsichtlich seiner mechanischen Eigenschaften durch die Finite Elemente Methode, Strömungssimulationen sowie kinematische und dynamische Bewegungsanalysen. Ein ebenfalls interessanter Anwendungsfall besteht in der Betrachtung des Produkts einschließlich des Fertigungsprozesses sowie der Produktionsplanung. Dies ist besonders hinsichtlich des SE von Bedeutung, da eine ganzheitliche Betrachtung ermöglicht und die Zeit eines Produkts von der Entwicklung bis zur Serienproduktion enorm verringert wird (vgl. Rademacher et al. 2014, S. 15).

Digitale Fabrik bei Volvo

Als Beispiel für die Digitale Fabrik kann das Unternehmen ‚Volvo‘ angeführt werden, das durch umfangreiche Simulationen eine Produktion geringer Stückzahlen mit einer hohen Varianz, einschließlich verschiedener Modelle, auf einer Linie realisiert hat. Die einzelnen Maschinen werden digital aufeinander abgestimmt und können an einem Wochenende auf die realen Maschinen übertragen werden. Des Weiteren lässt sich die Digitalisierung über die Unternehmensgrenzen hinaus auf Zulieferer anwenden, sodass die Produktionen der Zulieferer angepasst werden können (vgl. Huber 2016, S. 84 f.).

Connectivity Port

Durch den Einsatz von Sensoren in der industriellen Umgebung entstehen bereits gegenwärtig große Datenmengen. In Werkzeugmaschinen eingesetzte Sensoren erzeugen beispielsweise 20 bis 30 Terrabyte Daten pro Jahr. Diese gewonnenen Informationen könnten für unterschiedlichste Zwecke wie einem Energy Management und Condition Management, Qualitätsmanagement oder Verfügbarkeitsbetrachtungen eingesetzt werden. Die richtigen Informationen zur richtigen Zeit für den richtigen Empfänger ermöglichen es transparente und rationale Entscheidungen zu treffen. Aufgrund des enormen Datenaufkommens und den bisher notwendigen Transport der Daten über ein Netzwerk konnte dies jedoch bisher nicht ohne hohe Kosten und hohen Aufwand realisiert werden (vgl. Felser et al. 2015, S. 106).

Die SAP AG hat jedoch in Zusammenarbeit mit der ifm electronic GmbH eine Möglichkeit gefunden, Daten und Informationen benutzerspezifisch zur Verfügung zu stellen. Daten und Informationen werden mittels des ‚Smart Observers‘ für den entsprechenden Benutzer auf der Managementebene, an der Maschine etc. ausgewählt und erst dann zur Verfügung gestellt. Dadurch müssen anstatt beispielsweise 30 Terrabyte lediglich 300 Megabyte über das Netzwerk übertragen werden. Durch den Einsatz dieser Technologie ist es möglich Transparenz und Vertrauen in einem Unternehmen aufzubauen (vgl. Felser et al. 2015, S. 105 f.).

3D-Druck

Die Anwendungsgebiete des 3D-Drucks sind sehr zahlreich und werden bereits in der Praxis angewendet, sodass eine Vielzahl an Anwendungsbeispielen existiert. Eine Einsatzmöglichkeit dieses Verfahrens besteht in der Fertigung von Prototypen im Bereich der Entwicklung und Konstruktion. Der Automobilhersteller BMW beispielsweise setzt den 3D-Druck ein, um Modelle zu erstellen, die in einem Windkanal hinsichtlich ihrer Aerodynamik untersucht werden. Der Einsatz dieser Technologie zielt darauf ab, Schwachstellen frühzeitig sichtbar zu machen und zu erkennen, um die Entwicklungszeit zu reduzieren und Kosten einzusparen (vgl. Huber 2016, S. 37).

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht darin, Ersatzteile lediglich digital in Form von 3D-Konstruktionszeichnungen zu speichern. Bei Bedarf werden benötigte Einzelteile mittels 3D-Drucker hergestellt, sodass die Lagerkosten sowie die Kapitalbindung enorm reduziert werden kann. Eine Weiterentwicklung dieser Form der Lagerung wird bereits heute bei namenhaften Automobilherstellern eingesetzt, indem Ersatzteile dezentral vor Ort bei Händlern gedruckt werden. Dies ermöglicht eine Reduktion der Transportkosten sowie eine kürzere Lieferzeit (vgl. Huber 2016, S. 37).

Horizontale Integration

Aufgrund der Komplexität der Horizontalen Integration existieren vielfältige Lösungsansätze. Namenhafte Hersteller sind beispielsweise ‚Siemens‘, ‚SAP‘ und ‚IBM‘. Ein Beispiel für die Horizontale Integration stellt das Unternehmen ‚Daimler‘ dar, die mit einer Umstellung von dem 3D-Programm der Firma ‚Catia‘ zu ‚Siemens‘ die Nutzung des herstellerunabhängigen JT-Formats ermöglicht haben. Dadurch wird die Zusammenarbeit mit Unternehmen enorm erleichtert (vgl. Huber 2016, S. 77).

4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation

4.1 Szenarien von Konkurrenz in einer Supply Chain in Abhängigkeit des Netzwerktyps

Im Zuge des aktuellen Kapitels werden die Auswirkungen des Einsatzes von Industrie 4.0 auf das SCM unter dem Aspekt einer möglichen Wettbewerbsverlagerung auf SC-Ebene, unter Zuhilfenahme von in Abschnitt 2.5.2 erläuterten Netzwerktheorien, untersucht. Bisher wurde das SCM im Kontext von Netzwerken konkreter betrachtet sowie die aktuelle Konkurrenzsituation bzw. Kooperationssituation zwischen SCs dargestellt.

Bei genauerer Untersuchung des Netzwerkbegriffs wurde deutlich, dass nicht das eine Netzwerk existiert, sondern dass Netzwerke hinsichtlich Struktur und Koordination, wie in Abschnitt 2.5.3 und 2.5.4 erläutert, voneinander differenziert werden können. In Abhängigkeit davon finden zwischen den SC-Partnern die in Abschnitt 2.5.5 beschriebenen unterschiedlichen Arten von Zusammenarbeit und Wettbewerb statt, die sich hinsichtlich ihrer Intensität unterscheiden.

Die Beleuchtung der Zusammenarbeit innerhalb einer SC in Abhängigkeit von der Netzwerkstruktur sowie die eingehende Auseinandersetzung mit dem Begriff Industrie 4.0 im SCM, skizziert in Kapitel 3, stellen die Grundlage dar, um die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf den Wettbewerb zwischen SCs zu untersuchen. Da ebenfalls aufgezeigt wurde, in welcher Form sich der Wettbewerb zwischen SCs in Zukunft darstellen könnte, soll an dieser Stelle eine Zuordnung der aktuellen Netzwerkstrukturen zu den möglichen prognostizierten Konkurrenzsituationen in Abschnitt 2.5.5 erfolgen.

SCs agieren wie ein Unternehmen

Eine mögliche Entwicklung des Wettbewerbs zwischen SCs besteht darin, dass diese geschlossen und ähnlich eines einzelnen Unternehmens agierend, mit anderen SCs konkurrieren. Die SC muss durch ein zentrales Unternehmen gesteuert werden, sodass ein Wettbewerb gegen andere SCs ermöglicht werden kann. Das benannte Unternehmen wäre in der Lage Maßnahmen vorzuschreiben, um mit anderen SCs in Konkurrenz zu treten. Aufgrund dieser Bedingung handelt es sich bei der SC dieser ersten möglichen Entwicklung um ein vertikales Netzwerk. Zudem zeichnet sich das erste Szenario durch eine starke Integration der Zulieferer aus, da der Aufbau besonderer Fähigkeiten zwischen Zulieferern und Kunden angestrebt wird. Diese Steuerung seitens eines fokalen Unternehmens weist auf eine hierarchisch-pyramidale Koordination mit einer starken Integration der Zulieferer hin.

Konkurrenz zwischen Unternehmen verschiedener SCs

Das zweite in Abschnitt 2.5.5 aufgeführte prognostizierte Szenario prognostiziert hingegen den Wettbewerb zwischen einzelnen Unternehmen einer SC mit den Unternehmen anderer SCs. Durch die intensive Zusammenarbeit direkt benachbarter SC-Partner ergibt sich ein verbessertes Reaktionsvermögen sowie eine gesteigerte Effektivität und Effizienz. Die Netzwerke in diesem Szenario zeichnen sich dadurch aus, dass die Wertschöpfung zwischen zwei direkt benachbarten SC-Teilnehmern stattfindet sowie durch die Abwesenheit eines fokalen Unternehmens, das koordinierend auf die SC einwirkt. Vielmehr sind die Teilnehmer der SC gleichberechtigte Partner, die durch Kooperation versuchen, Wettbewerbsvorteile zu realisieren. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei den kooperierenden Unternehmen um Teilnehmer einer gemeinsamen SC handelt sowie Abhängigkeiten von einem fokalen Unternehmen fehlen, kann dieses zweite Szenario besonders gut aus den horizontalen Netzwerken entstehen. Des Weiteren deutet das Fehlen einer führenden und koordinierenden Organisation darauf hin, dass es sich um eine polyzentrische Koordination handelt.

Channel Master

Das in Abschnitt 2.5.5 skizzierte dritte Szenario beschreibt eine SC, die durch einen Channel Master koordiniert wird. Dieser kann sowohl das Wohlergehen der gesamten SC, als auch lediglich seinen eigenen wirtschaftlichen Nutzen in den Fokus seiner Handlungen stellen. Aufgrund des Vorhandenseins eines führenden fokalen Unternehmens sowie die Koordination der Netzwerkpartner durch dieses Unternehmen lässt sich auf eine hierarchisch-pyramidale Netzwerkkoordination schließen. Aufgrund der Tatsache, dass die Hauptaufgabe des fokalen Unternehmens in der Steuerung der Informations- und Warenflüsse zwischen den SC-Teilnehmern besteht, könnte sich ein solches Szenario aus einem lateralen Netzwerk entwickeln. Schon heute koordiniert ein fokales Unternehmen in einem lateralen Netzwerk die Teilnehmer der SC, die aus unterschiedlichen Bereichen stammen.

Nachdem die verschiedenen Möglichkeiten des Wettbewerbs zwischen SCs näher erörtert und den verschiedenen Netzwerktypen sowie Arten der Netzwerkkoooperation zugeordnet wurden, lassen sich im Folgenden die Auswirkungen des Einsatzes von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation in differenzierter Weise erörtern. Eine Zuordnung der Netzwerke zu den prognostizierten Arten der SC-Konkurrenz ist in Abbildung 4.1 dargestellt.

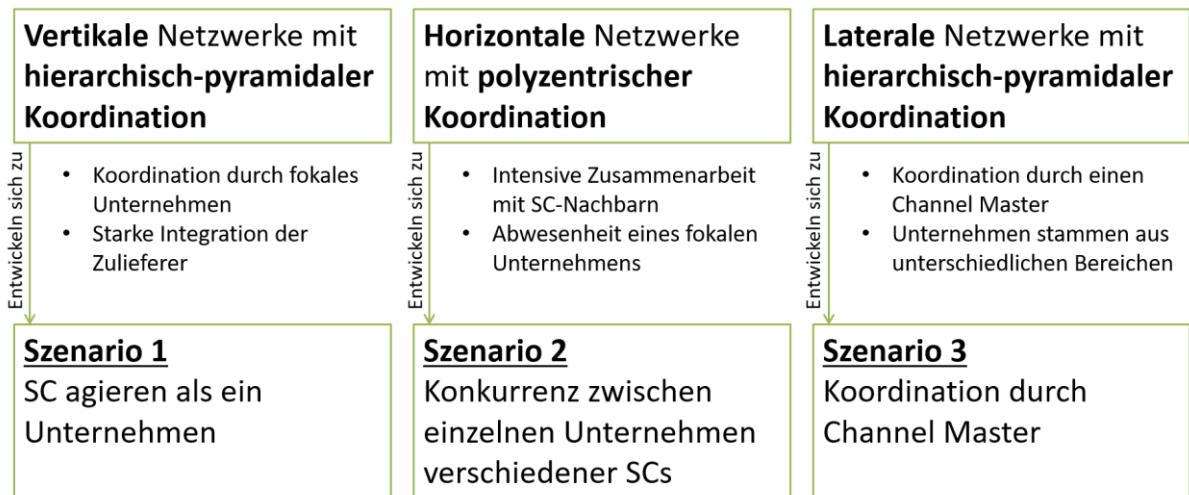


Abbildung 4.1: Zuordnung von Netzwerkstrukturen zu prognostizierten Arten der SC-Konkurrenz

4.2 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation vertikaler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur

Das in Abschnitt 2.5.4 benannte Netzwerk zeichnet sich durch ein führendes Unternehmen an der Spitze der Hierarchie aus, das durch intensive Zusammenarbeit mit exklusiv ausgewählten Kern-, Komponenten- und Teilelieferanten wertschöpfende Tätigkeiten realisiert.

Der Einsatz von Industrie 4.0 birgt dabei einige Chancen wie auch Risiken, die sich auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Unternehmen, aber auch auf die gesamte SC auswirken können.

M2M-Kommunikation, RFID und CPSs in der Produktion

Als beispielhaft dafür gelten die in Abschnitt 3.2 beschriebenen CPSs. Diese zeichnen sich durch den Einsatz von Aktoren und Sensoren aus, die Daten erfassen und den Produktionsprozess aktiv beeinflussen können. Maschinen mit dieser Ausstattung wird eine M2M-Kommunikation durch sogenannte ‚Embedded Systems‘ und damit eine intelligente dezentrale Steuerung ermöglicht.

Diese bedeutende Innovation der vierten industriellen Revolution hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Produktivität eines Unternehmens sowie die der SC. Durch die selbstständige Überwachung und Erkennung von Verschleiß und Wartungsbedarf, wie in Abschnitt 3.3 dargestellt, werden ungeplante Stillstände reduziert und folglich die Produktionsplanung auf der in Abschnitt 2.2 skizzierten operativen Ebene erleichtert, indem Maschinenausfälle beispielsweise nicht mehr durch Mehrarbeit oder den Einsatz von Ersatzmaschinen kompensiert werden müssen. Denn trotz des Ergreifens von Maßnahmen auf operativer Ebene, mit dem Ziel den Ausfall von Maschinen zu kompensieren, können Produktionsziele eventuell nicht mehr eingehalten werden. Dies führt gegebenenfalls sogar zu den in Kapitel 2.3 aufgezeigten Folgen, wie der Rücksprache mit Kunden, da

Liefertermine nicht mehr eingehalten werden können. Es ergeben sich Auswirkungen auf die gesamte SC, die durch den Bull-Whip-Effekt möglicherweise noch verstärkt werden können.

Der Einsatz von CPSs und M2M-Kommunikation führt zu einer höheren Verfügbarkeit der Anlagen und damit zu einer Steigerung der Produktivität sowie Zuverlässigkeit des einzelnen Unternehmens. Hinsichtlich des hierarchischen Netzwerks, das sich wie in Abschnitt 4.1 dargestellt entwickeln könnte, erhöht sich durch die geschlossene Struktur sowie die Produktivität eines einzelnen Unternehmens auch die der gesamten SC.

In Abschnitt 2.5.2 wurde im Zuge der Netzwerktheorien beschrieben, dass Vertrauen sowohl einen Ersatz für Koordinationsinstrumente darstellen als auch die Basis für eine langfristige Zusammenarbeit zwischen Unternehmen sein kann. Dabei bleibt die Eigenschaft der Fragilität bestehen. Die durch CPSs und M2M-Kommunikation hervorgerufene Steigerung der Zuverlässigkeit wirkt sich insofern auf das Vertrauen aus, als dass es weniger wahrscheinlich durch die Verfehlung von Lieferterminen beschädigt werden kann.

Die Steigerung des Vertrauens impliziert einen weiteren Effekt. Insbesondere für die Netzwerke mit einer hierarchisch-pyramidalen Koordination sind langfristige Beziehungen von hoher Bedeutung, da Teilnehmer der SC stark in die Wertschöpfungskette integriert werden und es eines gesteigerten Aufwands dafür bedarf. Ein höheres Vertrauen, hervorgerufen durch einen Zuwachs an Zuverlässigkeit, fördert langfristigen Beziehungen dieser Art und folglich auch das Entstehen und den Erhalt von Netzwerken, wie in Abschnitt 2.5.2 erläutert wurde. Diese Netzwerke sind in der Lage auf SC-Ebene zu konkurrieren. Eine weitere Einsatzmöglichkeit von CPS liegt in der M2M-Kommunikation, die über die Unternehmensgrenzen hinausgeht. Insbesondere das hierarchisch-pyramidale Netzwerk, das zukünftig als eine Einheit agiert, kann von dieser Technologie profitieren. Falls mehrere Unternehmen innerhalb der SC gleiche Komponenten herstellen, wie Abschnitt 2.5.5 der vorliegenden Arbeit aufzeigt, können bei unvorhergesehenen Ausfällen, Schwankungen im Bedarf etc., bei denen die Kapazitäten eines einzelnen Unternehmens überstiegen werden, Aufträge auf andere Unternehmen verteilt werden. Die Koordination kann mittels CPS und M2M-Kommunikation durchgeführt werden.

Vorteile einer solchen Kooperation bestehen darin, dass geplante Liefertermine sowie die Lieferfähigkeit in einem höheren Prozentsatz eingehalten werden können, sodass folglich der Servicelevel verbessert wird. Diese Art der Zusammenarbeit erhöht ebenfalls die Effizienz und Produktivität der SC, da besser auf Schwankungen und ungeplante Vorkommnisse reagiert werden kann.

Durch die gesteigerte Einhaltung der Liefertermine und dem daraus resultierenden verbesserten Servicegrad, steigt das Vertrauen der Kunden in die Lieferanten, das für den Erhalt sowie den Aufbau langfristiger Beziehungen notwendig ist, wie bereits in Abschnitt 2.5.2 beschrieben. Die horizontale Verknüpfung von Unternehmen, die gleiche Produkte herstellen, setzt voraus, dass diese auf den unterschiedlichen SC-Ebenen, wie beispielsweise der technischen Ebene, miteinander verknüpft sind. Grundlage dafür bilden langfristig bestehende und vertrauensvolle Beziehungen oder die Planung solcher Partnerschaften. Der Einsatz dieser Technologie würde zu einer starken Verflechtung

zwischen Zulieferern führen. Dies begünstigt wiederum die Entstehung von Netzwerken, die stabile und permanente Beziehungen beinhalten und auf SC-Ebene miteinander konkurrieren.

M2M-Kommunikation, RFID und CPSs in der Transportlogistik

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von M2M-Kommunikation findet sich im Bereich des innerbetrieblichen Transports wieder. Der Einsatz von CPSs und M2M-Kommunikation bietet an dieser Stelle einige Vorteile, die sich auf die Wettbewerbssituation der SCs auswirken. Durch die computergesteuerte Auswahl von Teilekomponenten aus dem Lager sowie durch den Transport zum entsprechenden Montageort können Fehler vermieden werden, wie bereits in Abschnitt 3.3 erläutert wurde.

Gemeint ist, dass sich beispielsweise durch Konstruktionsänderungen an Komponenten Änderungen ergeben, die für das menschliche Auge nicht erkennbar sind. Eine menschliche Arbeitskraft, die die Auswahl der Komponenten aus dem Lager übernimmt, könnte dies anhand der Artikelnummer erkennen. In der Praxis stehen die Mitarbeiter jedoch oftmals unter Zeitdruck oder sind sehr routiniert, sodass die Artikelnummer nicht überprüft wird. Die fehlerhaften Endprodukte erzeugen Kosten, binden Kapazitäten und verringern bei Auslieferung die Kundenzufriedenheit sowie den Servicelevel. Des Weiteren wird durch den Einsatz autonomer Transporteinheiten und die Vermeidung von Fehlern die Beherrschung der Produktvarianz gefördert.

Der Einsatz autonomer Transporteinheiten führt zu Kosten- und Kapazitätseinsparungen, einer Steigerung des Servicelevels sowie der Qualität, indem Auswahlfehler vermieden werden. Autonome Transporteinheiten wirken sich ebenso wie vorangegangene Einsatzmöglichkeiten von Industrie 4.0 auf die Zuverlässigkeit des Unternehmens aus. Dies wiederum impliziert eine Zunahme des Vertrauens in der Beziehung zwischen Lieferant und Kunden.

Die Produktivitätssteigerungen sowie Kostenreduktionen können bei Fokussierung des Gesamtwohls der SC auf diese übertragen werden und somit ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern, indem ein Teil der Einsparungen in den Verkaufspreis einfließt oder gemeinsam Entwicklungen finanziert werden, wie in der vorliegenden Arbeit bereits in Abschnitt 2.5.5 thematisiert wurde. Die gesteigerte Beherrschbarkeit der Produktvarianz bildet die Grundlage, um auf individuelle Kundenwünsche einzugehen. Der Einsatz entlang der SC würde sich positiv auf die Erfüllung individualisierter Kundenwünsche auswirken und damit die Wettbewerbsfähigkeit der SC erhöhen. Die dauerhafte Kooperation der Unternehmen hätte infolgedessen positive Auswirkungen sowohl auf einzelne Unternehmen als auch auf die gesamte SC. Dadurch könnte die in Abschnitt 4.1 beschriebene Entwicklung einer SC, die als eine Einheit agiert, unterstützt werden.

Horizontale Integration mittels CPS und M2M

Durch eine horizontale Integration von Unternehmen auf der gleichen Hierarchiestufe kann die Wettbewerbsfähigkeit der SC sowie einzelner Unternehmen gefördert werden. Diese Integration setzt eine vertrauensvolle Zusammenarbeit voraus und erzeugt besonders bei Beziehungen, die auf eine langfristige Dauer ausgerichtet und vertraglich geregelt sind, positive Effekte. Die erfolgreiche

Zusammenarbeit zwischen Unternehmen unterstützt durch den Aufbau von Vertrauen, wie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben, die Entstehung und den Erhalt von Netzwerken und damit einer wettbewerbsfähigen SC, die auf SC-Ebene konkurriert. Die horizontale Integration von Unternehmen einer gleichen Hierarchiestufe ermöglicht zudem einen Austausch von Wissen und Know-how, der durch Technologien der vierten industriellen Revolution unterstützt wird. Demzufolge wird zum einen die Wettbewerbsfähigkeit der SC gefördert und zum anderen werden die Beziehungen zwischen den SC-Partnern gestärkt. Aufgrund der diversen Vorteile ist es wahrscheinlich, dass diese Kooperationen eingegangen werden und die Entstehung der genannten Netzwerke ansteigen wird.

Augmented Reality

Einen ähnlichen Effekt wie der Einsatz autonomer Transporteinheiten hat die Verwendung von Assistenzsystemen in der Produktion und Logistik, die in AR sowie VR differenziert werden.

Durch ihre Anwendung lassen sich diverse wirtschaftliche Vorteile für einzelne Unternehmen realisieren, die in Abschnitt 3.3 dargestellt werden. Die Unterstützung bei der Teile- und Komponentensuche im Bereich der Lagerlogistik, aber auch in der Produktion, verkürzt die Produktionszeiten sowie wertschöpfungsfreie Zeiten wie ‚Suchen‘. Durch diese Zeitersparnis wird die Produktivität der Produktion gesteigert und Kosten können eingespart werden.

Die Möglichkeit bestimmte Montageschritte zu erzwingen führt ebenso wie die Unterstützung bei der Teile- und Komponentensuche zu einer gesteigerten Qualität. Dies resultiert daraus, dass die einzubauenden Komponenten vorgegeben werden und somit eine Fehlausewahl vermieden wird. Ebenso werden dadurch die Anzahl der Fehlprozesse, Nacharbeit sowie Reklamationen reduziert.

Der Einsatz von AR hat in dieser Form keinen direkten Einfluss auf die Wettbewerbssituation zwischen SCs. Die wirtschaftlichen Vorteile eines einzelnen Unternehmens können sich jedoch indirekt auf die SC auswirken. An dieser Stelle sind insbesondere die Potentiale im Bereich Zeit, Kosten und Qualität zu nennen. Durch eine gesteigerte Qualität wird die Anzahl der Reklamationen reduziert, sodass Rückflüsse abgeschwächt werden. Dies impliziert eine Vereinfachung der Zusammenarbeit zwischen Lieferanten und Kunden.

Durch den Einsatz von AR können außerdem die Koordinationskosten sowie Kosten zur Überwachung und Kontrolle minimiert werden, die einen Teil der Transaktionskostentheorie aus Abschnitt 2.5.2 repräsentieren. Niedrige Transaktionskosten implizieren eine Entstehung von Netzwerken bzw. führen zu einer Vertiefung der Beziehung bei bereits bestehenden Partnerschaften. Aufgrund der geringeren Transaktionskosten sowie dem verringerten Koordinationsaufwand wird die Geschäftsbeziehung von beiden Seiten aufrechterhalten.

Neben der Verringerung der Transaktionskosten wird durch eine gesteigerte Qualität eine vertrauensvolle Beziehung aufgebaut, da Enttäuschungen durch Fehllieferungen und Retouren, die sich negativ auf das fragile Vertrauen, wie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben, auswirken, ausbleiben. Nebst diesem Effekt können bereits bestehende vertrauensvolle Beziehungen, wie sie im ‚Ressourcen-Dependance-Ansatz‘ aufgeführt werden, vertieft werden.

Die in Abschnitt 2.5.2 veranschaulichte Austauschtheorie geht von der Annahme aus, dass Austauschbeziehungen zwischen Unternehmen eingegangen werden, wenn der Nutzen die Kosten des

Austauschs übersteigt. Aufgrund der Tatsache, dass die Koordinationskosten sowie die Kosten für Überwachung und Kontrolle sinken, wird eine Zusammenarbeit wahrscheinlicher bzw. das Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten steigt.

Virtual Reality

In Unternehmen kann neben der AR auch die VR Anwendung finden. Ein Einsatzgebiet dafür stellt die Abteilung ‚Konstruktion und Entwicklung‘ in einem Unternehmen dar. Wie in Abschnitt 3.3 beschrieben werden beispielsweise in der Automobilindustrie Fahrzeuge als dreidimensionale Objekte in einem speziellen Raum visualisiert, um einzelne Komponenten mittels Gesten zu montieren.

Durch die Anwendung dieser Technologien können sowohl Entwicklungskosten als auch Anpassungskosten vermieden werden, da etwaige Probleme vor der Fertigung eines Prototyps bzw. der Serienproduktion auffallen, wie in Abschnitt 3.3 erläutert. VR ermöglicht demzufolge eine Reduktion der Produktions- und insbesondere der Entwicklungskosten. Durch die Vermeidung von Kosten werden ebenfalls die in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskosten gesenkt, sodass eine Vereinfachte und effizientere Zusammenarbeit zwischen Unternehmen stattfinden kann. Dieser Umstand wiederum begünstigt die Entstehung von Netzwerken.

Die genannten Vorteile, die sich im Bereich der Assistenzsysteme ergeben, sind sehr vielfältig. Ihr Einsatz wirkt sich in vielfacher Weise auf die Entstehung und den Erhalt von Netzwerken aus. Dies impliziert, dass die bereits existierenden Netzwerke die Zusammenarbeit durch den Einsatz von Assistenzsystemen vertiefen werden, sodass wiederum geschlossene SCs entstehen, die als eine Einheit mit anderen Unternehmen und SCs konkurrieren.

Digitale Fabrik

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von Industrie 4.0-Technologien besteht in ‚Digitalen Fabriken‘. Sie verfolgen das Ziel den Unternehmenserfolg nachhaltig zu verbessern. Dies geschieht unter anderem, indem die Produktion der Zulieferer auf das fokale Unternehmen angepasst und synchronisiert wird. Infolgedessen entstehen die in Abschnitt 3.2 genannten Vorteile einer digitalen Fabrik, die sich auf die Wettbewerbssituation der SC auswirken. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der digitalen Fabrik sowie dessen Auswirkungen auf die Wettbewerbssituation zwischen SCs erläutert.

Eine mögliche Anwendung besteht in der ganzheitlichen Planung unternehmensinterner Prozesse, die einen verbesserten Materialfluss impliziert und damit eine getaktete Produktion unterstützt. Hieraus ergeben sich wirtschaftliche Vorteile, indem die Sicherheitsbestände in Unternehmen reduziert und gleichzeitig Engpässe vermieden werden können. Durch weniger Schwankungen in der Produktion werden ungeplante Produktionsausfälle reduziert und die Zuverlässigkeit des Unternehmens hinsichtlich der Lieferfähigkeit gesteigert.

Daraus resultiert, dass die Beziehung zwischen Kunden und Lieferanten gefestigt wird, indem einerseits das fragile Gut ‚Vertrauen‘ nicht beschädigt und sogar dessen Entstehung gefördert wird. Die Generierung von Vertrauen wirkt sich entsprechend der Austauschtheorie in Abschnitt 2.5.2

positiv auf die Koordinationskomplexität zwischen den Teilnehmern einer SC aus, da es formale Koordinationsinstrumente zumindest in einem gewissen Grad ersetzt. Dieser Effekt führt dazu, dass die Zusammenarbeit zwischen zwei Unternehmen erleichtert wird. Eine vertrauensvolle und beständige Zusammenarbeit mit vermindertem Komplexitätsgrad hinsichtlich der Koordination ist ein Resultat des Einsatzes digitaler Fabriken.

Des Weiteren werden, wie bereits in Abschnitt 3.2 dargestellt, die Bestände im Unternehmen und damit die Lagerkosten reduziert. Aufgrund der Tatsache, dass Lagerkosten ein Bestandteil der Transaktionskosten darstellen, werden diese ebenfalls verringert. Dies impliziert im Sinne der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskostentheorie das Zustandekommen von Transaktionen, folglich von Beziehungen zwischen Kunden und Lieferanten. Gleichzeitig bedeuten geringere Transaktionskosten eine Reduzierung der Opportunitätskosten, da eine Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit kostengünstiger wäre. Dies wirkt sich ebenfalls auf die Beziehung zwischen Unternehmen aus und ermöglicht dadurch eine Stabilisierung der Zusammenarbeit sowie die Bildung langfristiger SCs, die mit anderen konkurrieren können.

Neben der unternehmensinternen Planung und Abstimmung können auch die in Abschnitt 3.3 skizzierten unternehmensübergreifenden Planungen in Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten stattfinden. Die Auswirkungen einer solchen Kooperation sind enorm, jedoch auch an einige Bedingungen und Voraussetzungen geknüpft. Zur Realisierung einer Zusammenarbeit dieser Art bedarf es entweder des Vertrauens zwischen Lieferanten und Kunden oder vertraglichen Regelungen, da sensible Daten ausgetauscht werden müssen. Dazu zählen beispielsweise geplante Bedarfe und Kapazitäten. Dieser Aspekt der digitalen Fabrik ist besonders im Zusammenhang mit dem betrachteten Netzwerk interessant, da die Teilnehmer der SC zukünftig ausschließlich für einen Kunden produzieren und in der aktuellen Situation stark in die SC integriert sind. Auf Grund dessen steht das Gemeinwohl der SC im Vordergrund der Handlungen, wie bereits in Abschnitt 2.5.5 dargestellt wurde. Diese starke Integration und die mögliche Angehörigkeit zu einem einzigen Wertschöpfungsnetzwerk ist von Bedeutung, da Lieferanten, die in mehrere SCs eingebunden sind, bei der überbetrieblichen Planung vermutlich eine Priorisierung zwischen Kunden vornehmen müssen. Aufgrund der Tatsache, dass die überbetriebliche Abstimmung durch die Digitale Fabrik eine Offenlegung der Informationen erfordert, könnte der Kunde die Wertschätzung der Beziehung des Lieferanten ableiten. Je nach Priorisierung des Kunden könnte somit sein Vertrauen zerstört werden.

Der Einsatz der digitalen Fabrik zur überbetrieblichen Planung impliziert diverse Vorteile hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit der SC und verspricht einige Probleme bezüglich des SCMs, die in Abschnitt 2.4 erläutert wurden, zu reduzieren. Die unternehmensübergreifende Planung beinhaltet, dass ein Informationsaustausch zwischen den Unternehmen beispielsweise hinsichtlich der Bedarfe stattfindet. Dies impliziert eine Verbesserung der Zusammenarbeit sowie der Kommunikation zwischen den Unternehmen. Einerseits sind dazu ein bestehendes Vertrauen sowie vertragliche Regelungen zwischen den Partnern notwendig, andererseits wird durch eine erfolgreiche Zusammenarbeit das Vertrauen zwischen den SC-Partnern gefördert, da Rahmenbedingungen wie Datenschutz etc. eingehalten werden. Das geförderte Vertrauen wirkt sich, wie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben, stabilisierend auf die Zusammenarbeit der Netzwerkpartner aus und sorgt für

langandauernde Austauschbeziehungen zwischen den Unternehmen, woraus eine stark verbundene SC entsteht.

Der Informationsaustausch übt über die Unternehmensgrenzen hinweg ebenfalls Auswirkungen auf den in Abschnitt 2.4 beschriebenen Bull-Whip-Effekt aus. Seine Entstehung liegt unter anderem im verzögerten Informationsfluss begründet, in dem Bestellveränderungen von den Unternehmen erst nach einer gewissen Verzögerung erkannt werden und auf sie reagiert wird. Durch die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit, insbesondere durch die Abstimmung der Produktion der Unternehmen aufeinander, wird die Erkennung von Bestellveränderungen überflüssig, da Produktionsmengen und -pläne miteinander geteilt werden und diese folglich bekannt sind.

Des Weiteren wird durch die aufeinander abgestimmte Produktion der Burbidge-Effekt gemindert. Zwar werden Bestellungen auch in der digitalen Fabrik nicht kontinuierlich gemacht, jedoch werden im Zuge der gemeinsamen Produktionsplanung ebenfalls geplante zukünftige Bestellungen mitgeteilt und die Produktion wird, wie im Beispiel von ‚Volvo‘ in Abschnitt 3.3, für eine Woche festgelegt.

Weitere Ursachen für den Bull-Whip-Effekt sind Sicherheitsdenken sowie Losgrößen von Bestellungen. Auch an dieser Stelle kann durch die Verwendung der digitalen Fabrik Abhilfe geschaffen werden. Durch die unternehmensübergreifende Planung und Abstimmung der Produktion aufeinander werden zum einen die realen Bedarfe ersichtlich, sodass keine Überbestellungen und daraus resultierenden Produktionsschwankungen durch die Losgrößenbildung entstehen, zum anderen bleibt ein Sicherheitsdenken bei den Lieferanten aus. Auf Grund der Tatsache, dass geplante Bedarfe durch den Kunden offengelegt werden, wird für den Lieferanten ersichtlich, ob es sich um eine tatsächlich langfristige oder nur um eine einmalige Veränderung der Bedarfe handelt.

Die Digitale Fabrik beeinflusst somit die einzelnen Ursachen, die für die Entstehung des Bull-Whip-Effekts verantwortlich sind und reduziert damit diesen selbst. Letztendlich wirkt sich der Einsatz der digitalen Fabrik positiv auf den Bull-Whip-Effekt aus. Durch ihn werden Bestellschwankungen entlang der SC vermieden und es ergeben sich Vorteile, die die Wettbewerbsfähigkeit der SC erhöhen. Durch die Informationstransparenz entfallen Überproduktionen, sodass Kosten für beispielsweise Lagerung, zusätzliche Mitarbeiter und Maschinen etc. entfallen.

Entsprechend der in Abschnitt 2.5.2 erläuterten Transaktionskostentheorie werden dadurch die Transaktionskosten reduziert, sodass ein opportunistisches Verhalten innerhalb des Netzwerks verringert wird. Diese Eigenschaft ermöglicht die Entstehung langfristiger Beziehungen und folglich einer geschlossenen SC, die mit anderen im Wettbewerb steht. Des Weiteren wird durch den Austausch von Informationen in der SC das Vertrauen zwischen den Unternehmen gefördert. Dies führt, wie bereits aus Abschnitt 2.5.2 der vorliegenden Arbeit entnommen werden kann, im Sinne der Austauschtheorie zu langfristigen Beziehungen, in denen Vertrauen die formalen Koordinationsinstrumente ersetzen kann.

Es lässt sich festhalten, dass durch die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit im Zuge des Einsatzes der digitalen Fabrik die Effizienz der gesamten SC gefördert wird, indem die Produktion unternehmensintern sowie unternehmensübergreifend aufeinander abgestimmt wird und Informationen entlang der SC zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass nicht Informationen eines jeden Unternehmens für jedes Unternehmen der SC zur Verfügung gestellt werden müssen, sondern

dass eine Beschränkung der Informationsweitergabe auf die direkten Kunden und Zulieferer möglich ist, da auf Grund dessen ebenfalls die oben genannten Vorteile realisiert werden können.

Zudem hat die Digitale Fabrik den Effekt, dass durch eine frühzeitige und detaillierte Planung der Prozesse in einem Unternehmen die Anzahl der Änderungen, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, reduziert wird. Dieser Aspekt wirkt sich auf die ex ante sowie ex post auftretenden Transaktionskosten aus (siehe Abschnitt 2.5.2). Die Kosten für Anpassungen lassen sich den zweitgenannten Kosten zuordnen. Eine Einsparung solcher Ausgaben senkt somit die entstehenden Transaktionskosten und wirkt sich positiv auf die Entwicklung von Beziehungen zwischen Unternehmen aus. Durch die Senkung dieser Kosten werden die Beziehungen zwischen bestehenden Netzwerkpartnern gestärkt sowie Möglichkeiten für opportunistisches Verhalten verringert (siehe Abschnitt 2.5.2). Dies resultiert in Beziehungen zwischen Unternehmen, die auf langfristige Dauer ausgerichtet sind.

Darüber hinaus lässt sich, wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, durch Digitale Fabriken eine höhere Auslastung der Fabrik realisieren, die sich ebenfalls auf die Wettbewerbssituation der SC auswirkt. Eine höhere Auslastung impliziert, dass bei gleichen Bauteilen höhere Stückzahlen in dem Unternehmen gefertigt werden und eine höhere Anzahl an Aufträgen angenommen werden kann. Die Austauschtheorie aus Abschnitt 2.5.2 besagt, dass Unternehmen Beziehungen unter der Bedingung eingehen, dass der Nutzen des Austauschs die Kosten übersteigt. Durch die höhere Auslastung werden Opportunitätskosten, die auf Grund der Tatsache entstehen, dass Aufträge nicht angenommen werden können, reduziert. Resultierend daraus findet häufiger ein Austausch zwischen Unternehmen statt, der nur einen Akt einer langfristigen Korrespondenz darstellt. Mit Hilfe der Auslastungssteigerung des Unternehmens wird daher die Bildung von langfristigen vernetzten Netzwerken, wie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben, und damit die Wettbewerbsfähigkeit der SC unterstützt. Durch die festen Bindungen zwischen den SC-Partnern wird die gesamte SC widerstandsfähiger gegenüber Einflüssen von außen sowie opportunistischen Verhalten von SC-Mitgliedern.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Digitale Fabrik auf verschiedenen Ebenen vielfältigen Einfluss auf die Wettbewerbssituation der SC ausübt.

3D-Drucker

Der Einsatz von 3D-Druckern gehört zum Stand der Technik und kann ebenfalls Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen ausüben. Die in Abschnitt 3.3 beschriebene industrielle Anwendung von 3D-Druckern versetzt Unternehmen in die Lage ihre Lagerkosten für geeignete Teile signifikant zu reduzieren. Die Auswirkungen auf die SC sind dabei von der Koordinationsform sowie der Struktur des Netzwerks abhängig.

Die in Abschnitt 2.5.4 betrachteten Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur weisen eine starke Integration der SC-Mitglieder auf. Bei dieser Art der Netzwerkstruktur steht das Gemeinwohl der SC im Fokus. Daher ist eine Überwälzung der Verantwortung sowie der Kosten auf die Zulieferer der SC nicht sinnvoll, da lediglich Kunden entlastet würden. Die SC erfährt folglich keine Aufwertung.

Aufgrund dessen trägt der 3D-Druck nicht zu einer verbesserten Beziehung zwischen Kunden und

Lieferanten bei, jedoch kann dieser, wie in Abschnitt 3.2 erläutert, allgemein mit dem Ziel der Reduzierung der Lagerkosten eingesetzt werden.

Die Reduktion der Lagerkosten impliziert eine Verringerung der Transaktionskosten ex post im Sinne der Transaktionskostentheorie, die in Abschnitt 2.5.2 beschrieben wird, woraus wiederum Beziehungen zwischen Unternehmen entstehen. Eine Reduktion der Transaktionskosten sorgt für eine gegenseitige Wertschätzung der Beziehung, da aus ihr für beide Partner wirtschaftliche Vorteile resultieren. Bei einem andauernden Kostenvorteil werden sich langfristige Beziehungen zwischen den Unternehmen entwickeln, die durch Vertrauen als Koordinationsinstrument geprägt sind. Diese Partnerschaften sind stabil und können vernetzt als SC mit anderen Verbänden von Unternehmen konkurrieren.

Ein weiterer Vorteil des 3D-Druckers liegt in der Steigerung der Kundenzufriedenheit. Dies liegt darin begründet, dass Produkte in digitaler Form individuell auf Kundenwünsche angepasst und mittels 3D-Drucker erzeugt werden können. Des Weiteren werden durch den Einsatz von 3D-Druckern die Liefer- und Transportzeit sowie -kosten reduziert, wie aus dem Beispiel in Abschnitt 3.3 ersichtlich wird.

Die Reduzierung der Transport- und Lieferkosten wirkt sich dabei positiv auf die Transaktionskosten aus und führt wie die Lagerkostenreduzierung zur Entstehung von Netzwerken mit langfristigen und stabilen Beziehungen.

Einen besonderen Vorteil, die der 3D-Druck bietet, ist die Verbesserung des Kundenservice, indem individuelle Wünsche zeitnah umgesetzt und Transportzeiten reduziert werden können oder sogar entfallen. Diese Anpassungsfähigkeit der SC sowie die Steigerung der Kundenzufriedenheit stellen aufgrund der zunehmenden Globalisierung und den daraus resultierenden wirtschaftlichen Veränderungen einen entscheidenden Faktor der Wettbewerbsfähigkeit zwischen SCs dar. Dieser benannte Vorteil des 3D-Drucks hat zwar keine Auswirkungen auf die Entstehung von Netzwerken, jedoch wird im Bereich des vertikalen Netzwerkes mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur eine Wertsteigerung der gesamten SC realisiert, die sich auf die Gesamtheit der Mitglieder der SC auswirkt, da ein gemeinsames Ziel verfolgt wird.

Big Data und Connectivity Port

Der in Abschnitt 3.2 dargestellte Begriff ‚Big Data‘ spielt in der Industrie 4.0 eine bedeutende Rolle und beschreibt die durch den Einsatz neuer Technologien anfallenden großen Datenmengen. Das bereits in Abschnitt 3.3 vorgestellte System zur Verwaltung und Darstellung dieser Datenmengen bildet einen wichtigen Erfolgsfaktor für die Wettbewerbsfähigkeit einer SC. Aufgrund der Tatsache, dass die entstehenden Daten automatisch gespeichert und kategorisiert werden, können diese, speziell auf den Benutzer zugeschnitten, zur Verfügung gestellt werden. Auf der Produktionsebene verbessern Informationen zur Qualität von Produkten und Prozessen die Produktivität sowie die Qualität selbst. Aus der Qualitätssteigerung ergibt sich zum einen eine höhere Kundenzufriedenheit und zum anderen ein höheres Servicelevel. Durch eine dauerhafte erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen den Kunden und Lieferanten entsteht Vertrauen, das formale Koordinationsinstrumente vollständig ersetzen kann. Dies führt zu einer Reduktion des Koordinationsaufwands.

Ebenso werden durch eine gesteigerte Qualität der Produkte die Reklamationskosten sowie Änderungskosten reduziert. Daraus resultiert wiederum eine Senkung der in Abschnitt 2.5.2 erläuterten Transaktionskosten, wodurch die Entstehung von Netzwerken unterstützt wird. Durch die niedrigen Transaktionskosten ex post ergeben sich Beziehungen zwischen Unternehmen, die auf langfristige Dauer ausgelegt sind.

Ein weiterer Vorteil dieser Datenanalyse liegt in der Bereitstellung von angepassten Daten für die Managementebene. Die aktuell betrachtete Netzwerkstruktur, beschrieben in Abschnitt 2.5.4 sowie 2.5.3, zeichnet sich sowohl durch eine starke Integration als auch durch ein fokales Unternehmen an der Spitze aus. Mit Hilfe eines solchen Programms zur Filterung und Bereitstellung von Daten können den Entscheidungsträgern die benötigten Informationen zur Verfügung gestellt werden. Dies impliziert den Vorteil, dass rationale Entscheidungen getroffen werden können, die auf das Wohlergehen der SC fokussiert sind. Zudem kann durch die Bereitstellung von Daten eine Informationstransparenz realisiert werden. Auf der Ebene eines einzelnen Unternehmens bedeutet dies, dass Entscheidungen für Mitarbeiter nachvollziehbar sind, wodurch das Vertrauen in die Entscheidungsträger gestärkt wird. Parallel dazu lässt sich dieses Prinzip auf die SC-Ebene verlagern. Das fokale Unternehmen trifft auf Basis der bereitgestellten Informationen Entscheidungen und integriert Unternehmen bei der Planung und Umsetzung. Durch die Informationstransparenz werden rationale Entscheidungen nachvollziehbar, sodass das Vertrauen in das fokale Unternehmen in der SC bestärkt wird.

Die Förderung des Vertrauens durch Transparenz auf der Unternehmens-, als auch auf der SC-Ebene hat diverse Einflüsse auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC. Das Vertrauen der Unternehmen untereinander führt, wie in Abschnitt 2.5.2 dargestellt, zu einer verbesserten Zusammenarbeit, indem der Koordinations- und Kontrollaufwand zur Überwachung des Austauschs zwischen den Partnern reduziert wird. Dies resultiert daraus, dass die in Abschnitt 2.5.2 aufgezeigte Substitution von formalen Kontrollinstrumenten durch Vertrauen stattfindet.

Der reduzierte Kontrollaufwand wiederum senkt die Kosten, die durch die Kontrolle der Beziehungen entstehen. Beispielhaft ist an dieser Stelle die Zusammenlegung der Endkontrolle des Lieferanten mit der Eingangskontrolle des Kunden, die nur bei einer vertrauensvollen Zusammenarbeit möglich ist.

Die Reduktion der Kosten beeinflusst die Entstehung von Netzwerken sowohl hinsichtlich der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskostentheorie als auch in Anbetracht der Austauschtheorie. Bei der Ersteren werden die Transaktionskosten, die ex post anfallen, beeinflusst. Die gesunkenen Transaktionskosten führen zu einer gesteigerten Aktivität zwischen Unternehmen, aus denen sich langfristige und stabile Beziehungen bilden.

Der Kern der in Abschnitt 2.5.2 dargestellten Austauschtheorie hingegen basiert auf dem Kosten-Nutzen-Verhältnis des Austauschs. Durch die Verringerung der Kontrollkosten wird eben dieses Verhältnis verbessert und der Austausch zwischen Unternehmen gefördert. Aufgrund der Tatsache, dass dieser Akt nur einen Teil eines langfristigen Austauschverhältnisses repräsentiert, wird die Entstehung von Netzwerken gefördert, die sich bei langandauernder positiver Zusammenarbeit wiederum in Form von Vertrauen auswirkt und die Koordinationskosten reduziert. Dieser Kreislauf, der sich aus einer positiv verlaufenden Zusammenarbeit ergibt, ist in Abbildung 4.2 dargestellt.



Abbildung 4.2: Kreislauf von Vertrauen und positiver Zusammenarbeit

Ausgehend von den beiden Theorien wird die Bildung von Beziehungen zwischen Unternehmen durch die Informations- und Entscheidungstransparenz gefördert. Die langfristige Verbesserung der Zusammenarbeit führt zu festen Bindungen zwischen den Unternehmen und einem Angehörigkeitsgefühl hinsichtlich der SC. Die Wettbewerbsfähigkeit der SC wird zudem verbessert, indem durch die gesteigerte Verfügbarkeit von Informationen der Unvollständigkeit von Informationen entgegengewirkt wird. Folglich können rationale Entscheidungen getroffen werden, die einen positiven Effekt auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC ausüben.

Cloud-Technologie

Eine wichtige Technologie im Sinne der vierten industriellen Revolution stellen die in Abschnitt 3.2 beschriebenen Cloud-Anwendungen dar.

Diese wirken sich auf unterschiedliche Weise auf die Wettbewerbsfähigkeit von einzelnen Unternehmen sowie SCs aus. Im Fokus stehen an dieser Stelle Community Clouds, die im Zuge der vierten industriellen Revolution an Bedeutung gewinnen. Vorteile wie die Effizienzsteigerung, Reduzierung der IT-Kosten sowie ein höherer Innovationsgrad, die sich durch die Verwendung dieser Technologie ergeben, beeinflussen die Wettbewerbsfähigkeit wie folgt.

Die in Abschnitt 3.2 präsentierte Effizienzsteigerung bezieht sich auf die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, die durch die Vermeidung des Problems der Interoperabilität entsteht. Es wird die Arbeit an gemeinsamen Projekten zwischen zwei Unternehmen ermöglicht, wodurch ebenfalls der Innovationsgrad der Unternehmen gesteigert wird. Ergänzend hierzu nimmt die Zuverlässigkeit, bedingt durch die vereinfachte Kooperation, hinsichtlich des Informationsaustauschs zu.

Die Zusammenarbeit in Verbindung mit dem Informationsaustausch wirkt sich einerseits auf die Zuverlässigkeit bei der Zusammenarbeit sowie das Vertrauen zwischen den Unternehmen aus, andererseits wird durch die Kooperation der Unternehmen die Wissensgenerierung sowie der Wissenserwerb und -austausch gefördert.

Eine durchgängige Anwendung der Cloud-Technologie führt bei dem in Abschnitt 2.5.3 und 2.5.4 beschriebenen vertikalen Netzwerk mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur zu einem Wissenserwerb entlang der gesamten SC. Aufgrund der Abgeschlossenheit der SC und der Abschottung gegenüber anderen wird dieses Wissen innerhalb der SC generiert und steigert damit dessen Know-how. Resultierend daraus werden die Innovationsfähigkeit und die Wettbewerbsfähigkeit der SC gesteigert.

Ein weiterer Vorteil des Cloud-Computings ergibt sich durch die in Abschnitt 3.2 erläuterte Einsparung von Kosten im Bereich der IT-Infrastruktur, die als Transaktionskosten ex ante, beispielsweise im Bereich Planung, betrachtet werden können. Die Reduktion der Transaktionskosten resultiert laut der Transaktionskostentheorie, dargestellt in Abschnitt 2.5.2, in der Steigerung der Aktivitäten zwischen Unternehmen und damit in der Entstehung von langfristigen Beziehungen.

Dieser Effekt wird ebenfalls durch die Austauschtheorie bestätigt, die besagt, dass durch die Senkung der Kosten das Kosten-Nutzen-Verhältnis verbessert wird. Resultierend daraus, dass die Beziehung zwischen den Unternehmen für beide Seiten einen wertschöpfenden Effekt impliziert, wird die Verbindung zwischen den SC-Partnern aufrechterhalten. Aufgrund der Struktur des betrachteten Netzwerks wird die Bindung an die SC gefördert, sodass die Fähigkeit mit anderen SCs zu konkurrieren ebenfalls ansteigt.

Neben den genannten Vorteilen ermöglichen die aktuellen Entwicklungen im Bereich des Cloud-Computing den in Abschnitt 3.3 aufgezeigten Einsatz von ERP-Systemen für klein- und mittelständische Unternehmen (KMU). Dadurch entsteht für SCs die Möglichkeit sich auszuweiten und KMUs zu integrieren. Auf Seiten der KMUs existiert die Chance, sich übergeordneten SCs anzuschließen und wirtschaftliche Vorteile, die sich aus der Zusammenarbeit mit diesen ergeben, zu nutzen. Die SCs hingegen können nun Unternehmen einbinden, deren Know-how für sie von Wert ist und die aufgrund ihrer geringeren Größe und den damit einhergehenden Beschränkungen, wie ein fehlendes ERP-System, nicht in die SC eingebunden werden konnten. Dabei muss hinsichtlich des betrachteten Netzwerks beachtet werden, dass die Struktur eine geschlossene ist und eine starke Integration in die SC aufwendig scheint. Die KMUs müssten von dem fokalen Unternehmen übernommen werden, was sich als realitätsfern darstellt. Trotzdem lässt sich festhalten, dass der Einsatz von Cloud-Systemen einen bedeutenden Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC hat.

Der Einsatz von Technologien im Zuge der vierten industriellen Revolution übt, wie bereits erläutert, diverse Auswirkungen auf einzelne Unternehmen sowie die betrachtete Form der SC aus. Diese können direkter sowie indirekter Natur sein. Die einzelnen Auswirkungen sowie die dazugehörigen Technologien werden in Tabelle 4.1 dargestellt.

4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation

Tabelle 4.1: Übersicht der Auswirkungen von Industrie 4.0 auf vertikale Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur

Auswirkung \ Technologie	Produktivitätssteigerung	Kontrollaufwand & Vertrauen	Servicelevel verbessern	Produktvarianz beherrschen	Kostensparnis	Wissenswerb & -austausch	Materialfluss verbessern	Bull-Whip-Effekt vermeiden	Innovationsfähigkeit steigern	Flexibilität	Kundenwünsche erfüllen
M2M in der Produktion	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M2M in der Transportlogistik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Horizontale Integration	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Augmented Reality	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Virtual Reality	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Digitale Fabrik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3D-Druck	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Big Data und Connectivity Port	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cloud-Computing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● = Starker Einfluss ● = Mittlerer Einfluss ● = Geringer Einfluss

4.3 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation horizontaler Netzwerke mit polyzentrischer Koordinationsstruktur

Bisher wurden die Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation vertikaler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur, die durch abgeschlossene Strukturen gekennzeichnet sind, untersucht. Das aktuelle in Abschnitt 2.5.3 und 2.5.4 beschriebene horizontale Netzwerk mit polyzentrischer Koordinationsstruktur, unterscheidet sich dahingehend, dass eine dezentrale Steuerung vorliegt und die Unternehmen auf derselben Hierarchieebene angeordnet sind. Des Weiteren liegt der Fokus nicht mehr auf der Verbesserung der SC-Fitness, sondern in der Verbesserung der wirtschaftlichen Situation einzelner Unternehmen, durch die wiederum die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC verbessert wird. Aufgrund dieser Unterschiede lassen sich gegebenenfalls unterschiedliche Auswirkungen auf die SC sowie die Entstehung von Netzwerken festhalten. Dazu wird der Einfluss der einzelnen Technologien auf die SC untersucht.

M2M-Kommunikation, RFID und CPSs in der Produktion

Dem in Abschnitt 3.3 dargestellte Begriff ‚Cyber-Physical-Systems‘ wird eine bedeutende Rolle in der vierten industriellen Revolution zugeschrieben, durch die dieser stark geprägt wurde. Eine Anwendungsmöglichkeit, die unter diesen Begriff fällt, ist die Verwendung von Sensoren und Aktoren

in Kombination mit der M2M-Kommunikation, die eine Kommunikation zwischen Maschinen erlaubt. Des Weiteren können diese Einfluss auf Prozesse nehmen, wodurch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens diverse Vorteile entstehen können. Auf der Ebene von einzelnen Unternehmen, die in den Fokus gegenwärtiger Betrachtungen rücken, ermöglicht der Einsatz dieser Technologie eine dezentrale Steuerung, wie sie in Abschnitt 3.2 skizziert wird, die von den Maschinen eigenständig übernommen wird und dabei auf aktuellen Ereignissen und Daten beruht. Dies impliziert einen enormen wirtschaftlichen Vorteil, da, wie in Abschnitt 2.3 dargestellt, in den Unternehmen aktuell eine sukzessive Planung vorherrscht und auf betrieblicher Ebene in Anbetracht der Zuordnung von Kapazitäten häufig Krisenmanagement betrieben werden muss. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass es zu ungeplanten Ausfällen von Maschinen, Menschen etc. kommt oder andererseits wichtige Eilaufträge vorgezogen werden müssen. Der Vorteil, der sich aufgrund einer dezentralen Steuerung durch Maschinen ergibt, ist ein verminderter Koordinationsaufwand sowie eine Steigerung der Produktivität. Die in Abschnitt 2.5.3 sowie 2.5.4 betrachtete Struktur von Netzwerken impliziert, dass die Wirtschaftlichkeit einzelner Unternehmen im Fokus der Betrachtung steht. Durch eine Verringerung des Koordinationsaufwands und einer Steigerung der Produktivität wird die Wettbewerbsfähigkeit des einzelnen Unternehmens gefördert, sodass es mit Teilnehmern anderer SCs konkurrieren kann. Infolgedessen wird die Wettbewerbsfähigkeit der SC, besonders in der prognostizierten Entwicklung in Abschnitt 4.1, durch ein einzelnes Unternehmen gesteigert.

Des Weiteren kann durch den Einsatz von CPSs und M2M-Kommunikation der ungeplante Ausfall von Maschinen vermieden werden, indem diese den Verschleiß überwachen, rechtzeitig Wartungsbedarf anzeigen und diesen den Verantwortlichen mitteilen. Neben der in Abschnitt 3.3 beschriebenen Vermeidung des Maschinenausfalls können an dieser Stelle Kosten eingespart werden, indem keine eventuell unnötigen Wartungsintervalle eingehalten werden müssen. Durch die Kostenersparnis sowie die Steigerung der Zuverlässigkeit in der Produktion wird die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens gefördert, sodass dieses im Vergleich mit anderen Unternehmen unterschiedlicher SCs an Wettbewerbsfähigkeit gewinnt. Die Produktivitätssteigerung des einzelnen Unternehmens impliziert wiederum, wie in Abschnitt 2.5.5 dargestellt, die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC.

Ein weiterer Effekt, der sich durch Kosteneinsparungen ergibt und der auf der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Austauschtheorie beruht, ist, dass der Austausch von Ressourcen mit anderen Unternehmen begünstigt wird. Aufgrund der Tatsache, dass das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen verbessert wird, nehmen die Aktivitäten zwischen zwei Unternehmen zu, sodass eine langfristige Beziehung zwischen diesen entsteht. Somit kann durch die Kostenreduzierung die Entstehung von Beziehungen zwischen Unternehmen erklärt werden.

Ergänzend hierzu wird die Entwicklung von Netzwerken durch die Zunahme der Zuverlässigkeit im Rahmen der M2M-Kommunikation sowie CPS beeinflusst. Die verbesserte und selbstständige Planung der Maschinenbelegung und Reihenfolgeplanung führt dazu, dass die Zuverlässigkeit verbessert und Liefertermine häufiger eingehalten werden können. Diese Aspekte tangieren die Unternehmensbeziehungen, indem sie die Entstehung von Vertrauen in den Lieferanten fördern. Gleichzeitig wird existierendes Vertrauen nicht durch unzuverlässige Lieferzusagen beschädigt. Die in Abschnitt 2.5.2 bezeichnete Theorie von Kosten und Nutzen führt weiter aus, dass Vertrauen formale

Kontrollmechanismen ersetzen kann und somit der Koordinationsaufwand zwischen den Teilnehmern der SC reduziert wird. Ebenfalls wird die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen erleichtert, sodass stabile Beziehungen gefördert werden.

M2M-Kommunikation, RFID und CPS in der Transportlogistik

Ein weiteres Anwendungsfeld für CPSs und M2M-Kommunikation repräsentiert der interne Logistikbereich von Unternehmen. Durch eine Anwendung ähnlich des Beispiels in Abschnitt 3.3 ergeben sich an dieser Stelle wirtschaftliche Vorteile für einzelne Unternehmen, indem durch eine maschinelle Auswahl und Zusammenstellung von Komponenten sowie Teilen einerseits Personalkosten durch Vermeidung von ‚Such-Arbeitszeit‘ reduziert werden und andererseits die Qualität des Endprodukts durch die Auswahl richtiger Komponenten gesteigert wird. Des Weiteren werden durch die Anwendung dieser Technologie die Teile- und Komponentenvielfalt beherrschbar gemacht, da die Auswahl anhand eines eindeutigen Codes erfolgt und ein Abgleich sowie eine Kontrolle der Teile durch die Transporter vorgenommen wird. Die aufgezeigten Vorteile wirken sich folglich auf die Produktivität des Unternehmens sowie dessen Fähigkeiten Varianten zu beherrschen aus. Durch diese Faktoren werden wiederum die Wirtschaftlichkeit sowie die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens gegenüber anderen Unternehmen anderer SCs gefördert. Die Steigerung wirkt sich, wie in Abschnitt 2.5.5 aufgezeigt, auf die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC aus.

Die Entstehung solcher SCs mit engen Bindungen wird durch die genannten Faktoren ebenfalls beeinflusst. Auf Grund der gesteigerten Qualität wird Vertrauen auf Seiten des Kunden in das Produkt des Lieferanten und den Lieferanten selbst aufgebaut, sodass die Beziehung zwischen den Unternehmen ebenfalls an Vertrauen gewinnt. Hinzu kommen die Kosteneinsparungen, die das Verhältnis von Kosten und Nutzen, das ein Teil der in Abschnitt 2.5.5 beschriebenen Austauschtheorie ist, verbessern. Letzterer Aspekt impliziert eine Steigerung der Aktivitäten zwischen Unternehmen, aus denen langfristige sowie stabile Beziehungen entstehen. Gleichzeitig wird durch die Vertrauenssteigerung, wie in Abschnitt 2.5 aufgezeigt, der Koordinationsaufwand aufgrund der Substitution formaler Kontrollmechanismen reduziert. Durch diese beiden Effekte wird schließlich die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen erleichtert und die Entstehung von Netzwerken mit stabilen Verbindungen gefördert. Es entstehen SCs, die die Fähigkeit besitzen mit anderen Netzwerken zu konkurrieren.

Die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit eines einzelnen Unternehmens wirkt sich zudem auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC aus (s. Abschnitt 2.5), indem durch bestehendes Konkurrenzdenken innerhalb der SC andere Unternehmen angeregt werden ihre Produktivität zu steigern, um ein bedeutsames SC-Mitglied zu bleiben. Infolgedessen wird insgesamt eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der SC ausgelöst.

Horizontale Integration mittels CPS und M2M

Ein weiteres Anwendungsbeispiel von CPS stellt die in Abschnitt 3.2 skizzierte horizontale Integration dar. Sie beschreibt die Vernetzung von Unternehmen auf derselben Produktionsstufe, um

wirtschaftliche Vorteile zu realisieren. Die Integration der Unternehmen wird durch verschiedene Aspekte wie CPSs gefördert. Der Einsatz von CPSs bildet die Grundlage für eine durchgehende Informationstransparenz und -weitergabe.

Aus der horizontalen Integration in Zusammenspiel mit Technologien von Industrie 4.0 ergeben sich verschiedene Vorteile, wie beispielsweise eine vereinfachte Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen, Synergieeffekte oder der Austausch und die Generierung von Wissen.

Die Synergieeffekte, die als Kostenvorteile auftreten können, steigern nach der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Austauschtheorie das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen, sodass eine zunehmende Aktivität zwischen den Netzwerkteilnehmern entsteht. Aufgrund der Tatsache, dass ein einfacher Austausch lediglich einen Teil einer andauernden Zusammenarbeit darstellt, werden langfristige Beziehungen und die Entstehung von Netzwerken gefördert. Der Erhalt und die Entwicklung dieser Beziehungen werden zeitgleich durch die vereinfachte Zusammenarbeit sowie der damit einhergehenden Steigerung des Know-hows motiviert. Die Austauschtheorie geht davon aus, dass bei langfristigen Beziehungen zwischen den Unternehmen die formalen Kontrollmechanismen durch Vertrauen ersetzt werden, wie bereits in Abschnitt 2.5.2 erläutert wurde. Die Entstehung von Vertrauen impliziert damit einen weiteren Vorteil.

Der Effekt der Netzwerkbildung wird ebenfalls durch die in Abschnitt 2.5.2 beschriebene Transaktionskostentheorie bestätigt. Die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen wird gefördert, indem die Transaktionskosten sinken. Des Weiteren wirkt sich die Weitergabe von Informationen positiv auf die Unsicherheit aus, die ebenfalls Bestandteil der Transaktionskostentheorie ist. Diese wird reduziert, da durch die Weitergabe von Informationen Unsicherheiten hinsichtlich Änderungen sowie hinsichtlich der Anzahl minimiert werden.

Die horizontale Integration mit Technologien der vierten industriellen Revolution wirkt sich positiv auf die Entstehung von Netzwerken aus. Sie sind entsprechend den Theorien von langfristiger Dauer und implizieren einen Zusammenhalt zwischen den SC-Partnern. Letztendlich führen diese Erkenntnisse in der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit zwischen den SCs.

Die horizontale Integration, unter Verwendung von Technologien der vierten industriellen Revolution, wirkt sich ebenfalls auf die einzelnen Unternehmen aus. Diese profitieren von den in Abschnitt 3.3 beschriebenen Synergieeffekten sowie der Verbesserung der Wissensbasis. Daraus resultiert eine gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit im direkten Vergleich mit anderen Unternehmen. Geht man von einer zukünftigen SC aus, in der die Wettbewerbsfähigkeit der SC durch die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Unternehmen gefördert wird, wirkt sich der Einsatz von Industrie 4.0 in der horizontalen Integration auf die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der SC aus.

Augmented Reality

Weitere Technologien von Industrie 4.0 stellen die in Abschnitt 3.2 skizzierte AR sowie VR dar. Diese beeinflussen die Wettbewerbsfähigkeit der in Abschnitt 2.5.3 und 2.5.4 beschriebenen horizontalen Netzwerken mit polyzentrischer Koordinationsstruktur im Vergleich zur vorherigen Netzwerkstruktur direkt, indem die Wettbewerbsfähigkeit der SC durch die eines einzelnen Unternehmens gefördert

wird (siehe Abschnitt 2.5.5).

Die Anwendung von AR im Rahmen der Produktion ermöglicht eine Steigerung der Produktivität des Unternehmens, indem Mitarbeiter in ihrer Tätigkeit unterstützt werden. Bei Montagetätigkeiten können, wie in Abschnitt 3.3 erläutert, Anweisungen eingeblendet werden, um den Zusammenbau von Komponenten zu beschleunigen und zu vereinfachen.

Ergänzend hierzu kann die Qualität von Produkten erhöht werden, indem AR eingesetzt wird, um bestimmte Montageschritte zu erzwingen oder mittels visueller Prüfung Fehler in den Komponenten zu entdecken. Beispielhaft dafür ist die in Abschnitt 3.3 beschriebene Qualitätsprüfung des Lacks in der Automobilindustrie.

Die genannten Vorteile, resultierend aus dem Einsatz von AR, wirken sich auf verschiedene Weise auf die Wettbewerbssituation der SC aus. Zum einen wird diese durch die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Unternehmen erhöht, da weiterhin einzelne Unternehmen miteinander konkurrieren. Zum anderen wird durch die gestiegene Qualität das Vertrauen des Kunden in das Produkt sowie den Lieferanten selbst gefördert.

Die in Abschnitt 2.5.2 beschriebene Austauschtheorie geht von der Annahme aus, dass formale Kontrollinstrumente langfristig durch Vertrauen zwischen zwei Unternehmen ersetzt werden können. Dieser Substitution folgt eine Reduzierung des Koordinationsaufwands, der wiederum die Zusammenarbeit zwischen den Netzwerkpartnern erleichtert. Daher wird die Entstehung von Netzwerken in Form langfristiger Beziehungen unterstützt.

Eine vereinfachte Zusammenarbeit und die Reduktion des Kontrollaufwands kann ebenfalls mit der Transaktionskostentheorie in Verbindung gebracht werden. Durch die Verringerung des Kontroll- und Koordinationsaufwands können aufgrund einer Vertrauenssteigerung, wie in Abschnitt 2.5.2 skizziert, die Transaktionskosten ex post gesenkt werden. Daraus resultiert eine gesteigerte Aktivität zwischen den Unternehmen und die Entstehung von langfristigen Beziehungen in Form von Netzwerken.

Neben dem Vertrauenszuwachs wirkt sich die Steigerung der Produktivität, die mit einer Kostenreduktion einhergeht, auf die Entwicklung von Netzwerken und die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der SC aus. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis, beschrieben in Abschnitt 2.5.2, wird verbessert und macht die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen attraktiver. Aufgrund dessen wird eine Kooperation zwischen den Unternehmen gefördert, sodass laut der in Abschnitt 2.5.2 dargestellten Austauschtheorie langfristige Netzwerke entstehen. Die Entstehung langfristiger Netzwerke stellt einen wichtigen Aspekt der Wettbewerbsfähigkeit dar, da die Beziehungen vertrauensvoll sind und sie eine gewisse Solidarität aufweisen, sodass ein Wettbewerb mit anderen SCs ermöglicht wird.

Ein weiterer nennenswerter Aspekt hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit der SC ist, dass durch die Anwendung von AR innerhalb der Produktion die Variantenvielfalt, wie in Abschnitt 3.3 dargestellt, durch die Unterstützung der Mitarbeiter beherrschbar gemacht wird. Dies ist insofern ein besonderer Vorteil, da insbesondere in Zeiten der zunehmenden Individualisierung von Produkten zahlreiche Varianten entstehen. Die Möglichkeit individualisierte Produkte anzubieten, repräsentiert einen wichtigen Wettbewerbsvorteil und wird in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit stellt AR in der Logistik dar. Durch die Unterstützung der Mitarbeiter können ‚Such-Arbeitszeiten‘ erheblich reduziert werden, sodass die Produktivität gesteigert und Lohnkosten eingespart werden können. Die Reduzierung der Kosten wirkt sich im Sinne der Austauschtheorie (siehe Abschnitt 2.5.2) auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis aus, sodass eine Zusammenarbeit zwischen Unternehmen begünstigt wird und Netzwerke entstehen, die eine gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit aufweisen. Die Vermeidung von ‚Such-Arbeitszeiten‘ liegt darin begründet, dass die AR die Mitarbeiter mit den benötigten Informationen versorgt. Neben der Zeit- und Kostenersparnis ist die Variantenbeherrschbarkeit ein weiterer Vorteil. Durch die in Abschnitt 3.2 beschriebene automatische Zusammenstellung der benötigten Teile sowie die Unterstützung bei der Suche wird dies ermöglicht. Die Variantenbeherrschung stellt einen wichtigen Aspekt hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens dar, da der Trend zu individualisierten Produkten stetig zunimmt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Einsatz von AR die Produktivität des einzelnen Unternehmens sowie die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC enorm verbessern kann. Insbesondere im Hinblick auf horizontale Netzwerke mit polyzentrischer Koordinationsstruktur, in denen SCs prognostiziert werden, die sich durch den Wettbewerb einzelner Unternehmen verschiedener SCs auszeichnen, sind die Auswirkungen beachtlich.

Virtual Reality

Eine ähnliche Technologie stellt die in Abschnitt 3.3 beschriebene VR dar, die ebenfalls zur Verbesserung der SC-Wettbewerbsfähigkeit eingesetzt werden kann. Die Anwendung in dem Bereich Konstruktion und Entwicklung ermöglicht es die Entwicklungskosten zu reduzieren, indem Schwachstellen des Produkts bereits im Vorfeld, vor der Herstellung eines Prototyps, erkannt werden. Des Weiteren kann die Konstruktion und Entwicklung beschleunigt werden, sodass Schwachstellen des Produkts frühzeitig erkannt werden können.

Die in Abschnitt 3.3 beschriebene kostengünstigere und beschleunigte Entwicklung wirkt sich positiv auf die Innovationsfähigkeit des einzelnen Unternehmens aus und ermöglicht es schnell auf Kundenwünsche sowie Marktveränderungen zu reagieren. Hinsichtlich der prognostizierten Entwicklung der horizontalen Netzwerke mit polyzentrischer Koordinationsstruktur zu einer SC, in der einzelne Unternehmen mit den Mitgliedern anderer SCs konkurrieren, ist dies von enormer Bedeutung. Der Einsatz von VR ermöglicht es aktuelle Herausforderungen des SCMs, wie beispielsweise die Flexibilität der SC und individuelle Kundenwünsche, zu realisieren. Aufgrund der Vorteile für einzelne Unternehmen, die durch den Einsatz von VR entstehen, wird folglich die Wettbewerbsfähigkeit des einzelnen Unternehmens sowie der SC erhöht.

Der Einsatz von VR hat zudem im Hinblick auf die in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Netzwerktheorien Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit einer SC. In Bezug auf die Transaktionskostentheorie werden die Transaktionskosten durch die Ersparnis bei den Entwicklungskosten gesenkt. Zudem wirkt sich der Einsatz von VR auf die Transaktionskosten in Form von Anpassungskosten aus, die ex post entstehen können. Aufgrund der geringeren

Transaktionskosten wird der Austausch zwischen den Unternehmen gefördert, sodass sich langfristige Beziehungen entwickeln.

Ausgehend von der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Austauschtheorie wird durch Kosteneinsparungen in der Entwicklung das Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten verbessert, das wiederum den Austausch von Waren und Dienstleistungen unterstützt. Die daraus resultierenden Beziehungen zwischen den Unternehmen sind von langfristiger Dauer und zeichnen sich durch Vertrauen aus. Letzteres ermöglicht eine Verringerung des Kontrollaufwands, indem, wie in Abschnitt 2.5.2 dargestellt, Kontrollstrukturen ersetzt werden können.

Durch den Einsatz von VR wird folglich die Bildung von Netzwerken unterstützt, die langfristige Beziehungen ausweisen. In Verbindung mit einer vereinfachten Zusammenarbeit in der Entwicklung mit anderen Unternehmen und dem daraus resultierenden Wissensaustausch, werden diese wettbewerbsfähig. Zudem wirkt sich die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von einzelnen Unternehmen auf die gesamte SC aus.

Digitale Fabrik

Eine weitere Einsatzmöglichkeit für Industrie 4.0 Technologie liegt in der Digitalen Fabrik. Durch die Planung und Simulation können diverse wirtschaftliche Vorteile realisiert werden, die sich auf die Wettbewerbsfähigkeit eines einzelnen Unternehmens auswirken. Die möglichen Vorteile, die mit der Digitalen Fabrik einhergehen, wurden bereits in Abschnitt 3.2 ausführlich beschrieben. Diese Vorteile wirken sich auf unterschiedlichste Weise auf die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der SC sowie der einzelnen Unternehmen aus.

Der optimierte Materialfluss sowie die abgestimmten Produktionsprozesse sorgen für eine Produktivitätssteigerung des einzelnen Unternehmens bei zeitgleicher Reduzierung von Lagerkosten. Die daraus resultierende Kosteneinsparung und Flexibilitätssteigerung des Unternehmens führt zu einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit. Aufgrund des Wettbewerbs von Unternehmen unterschiedlicher SC-Zugehörigkeiten wird ebenfalls die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC gesteigert.

Die Digitale Fabrik wirkt sich bezüglich der einzelnen Netzwerktheorien auf unterschiedliche Weise auf die Entstehung von Netzwerken sowie ihre Wettbewerbsfähigkeit aus. Die geringeren Lagerbestände, der verbesserte Materialfluss sowie die abgestimmten Prozesse steigern die Produktivität des Unternehmens und reduzieren sowohl Lager- als auch Produktionskosten. Auf Grund dessen wird das in 2.5.2 dargestellte Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen verbessert und die Austauschbeziehung gewinnt im Sinne der Austauschtheorie für beide Unternehmen an Nutzen. Aufgrund des gesteigerten Nutzens wird die Beziehung zwischen zwei SC-Partnern als wertvoll angesehen und kann demzufolge als langfristig charakterisiert werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Vermeidung von Engpässen sowie Produktionsausfällen, die aus dem Einsatz der Digitalen Fabrik resultiert. Dieser Aspekt ermöglicht es dem Unternehmen die Kundenzufriedenheit zu erhöhen und dadurch eine Vertrauensbasis zwischen Kunden und Lieferanten aufzubauen. Gleichzeitig wird ein, durch langfristige Partnerschaften aufgebautes Vertrauen, nicht

zerstört, da Liefertermine eingehalten werden können.

Der Aufbau und Erhalt von Vertrauen, bedingt durch die beiden genannten Aspekte, führt dazu, dass Kontrollmechanismen durch Vertrauen substituiert werden und der Kontroll- sowie Koordinationsaufwand reduziert wird, wie in Abschnitt 2.5.3 dargestellt.

Verknüpft man dieses Ergebnis mit der in Abschnitt 2.5.2 dargestellten Transaktionskostentheorie lässt sich feststellen, dass durch die Reduzierung des Kontrollaufwands ebenfalls die Kontrollkosten und damit die ex post anfallenden Transaktionskosten gesenkt werden. Ein weiterer Aspekt bezüglich der Transaktionskostentheorie liegt in der unternehmensübergreifenden Abstimmung von Produktionsprozessen aufeinander. Durch die Abstimmung können Unsicherheiten, die Teil der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskostentheorie sind und die die Transaktionskosten beeinflussen, vermieden werden. Die Digitale Fabrik beeinflusst die Aktivitäten zwischen Unternehmen dahingehend, dass durch sie die Zusammenarbeit erleichtert und langfristige Beziehungen mit Vertrauen als Attribut aufgebaut werden.

Die Ausrichtung der SC-Teilnehmer auf ein Unternehmen ist an dieser Stelle jedoch kritisch zu betrachten, da die Unternehmen des horizontalen Netzwerks ebenbürtig sind. Die in Abschnitt 2.5.2 skizzierte Ressource-Dependance-Theorie impliziert, dass der Austausch von Waren und Dienstleistungen eine Notwendigkeit zur Leistungserstellung repräsentiert. Die Aufgabe der Autonomie wird dabei als Preis für den Austausch angesehen. Die Ausrichtung auf ein Unternehmen könnte die horizontale Struktur jedoch stören und eine Hierarchie implizieren, sodass die Autonomie, folglich der Preis für den Austausch, zu hoch wird und Beziehungen zwischen Unternehmen abgebrochen werden. Um diesen Effekt zu vermeiden, müsste die Ausrichtung auf ein Unternehmen zeitlich begrenzt sein, sodass die Führung in dem Netzwerk wechselt und das am besten geeignete Unternehmen die Führung für entsprechende Aufträge übernimmt.

Die unternehmensübergreifende Planung im Zuge der Digitalen Fabrik impliziert, dass zwischen den Unternehmen Informationen zu Bedarfen, Kapazitäten sowie Plandaten ausgetauscht werden, sodass eine effiziente Planung durchgeführt werden kann. Dies ist hinsichtlich der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Probleme des SCMs von großer Bedeutung, da einerseits der Bull-Whip-Effekt sowie die Prognose stark beeinflusst werden können.

Ersterer besteht, wie in Abschnitt 2.5.2 zusammengefasst, aus drei problematischen Gegebenheiten, die gemeinsam zu sich verstärkenden Schwankungen entlang der SC führen. Der verzögerte Informationsfluss stellt einen dieser Aspekte dar, der darauf beruht, dass Bedarfsänderungen beim Kunden erst nach einer gewissen Dauer vom Lieferanten registriert werden. Die Digitale Fabrik löst dieses Problem, indem Produktionspläne in regelmäßigen Abständen den Zulieferern mitgeteilt werden, sodass Änderungen der Bestellmenge direkt erkannt werden. Ein möglicher Austausch von Prognosen hinsichtlich des Kundenbedarfs würde die Vermeidung des verzögerten Informationsflusses ebenfalls unterstützen und wäre im Zuge einer Digitalen Fabrik, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, möglich.

Durch die Digitalisierung der Fabrik lässt sich auch das Sicherheitsdenken sowie die Bestellungen in Losgrößen beeinflussen. Aufgrund der Tatsache, dass Unternehmen sogar bei einer einmaligen Schwankung Sicherheitsbestände aufbauen, entstehen teilweise unnötige Kosten, wie Lagerkosten. Die unternehmensübergreifende Planung wirkt diesem Effekt entgegen, indem Absprachen bezüglich

des geplanten Produktionsvolumens getroffen und einmalige Mehrbestellungen als solche deklariert werden können. Resultierend daraus muss der Lieferant keine Sicherheitsbestände aufbauen, um lieferfähig zu bleiben und folglich können Kosten eingespart werden.

Den wahrscheinlich größten Einfluss hat die Digitale Fabrik auf den in Abschnitt 2.4 beschriebenen Burbidge-Effekt, der auf Grund der Tatsache entsteht, dass Bestellungen zeitdiskret ausgeführt werden und die Bestellzyklen zwischen Kunden und Lieferanten nicht synchronisiert sind. Diese beiden Aspekte werden durch die Digitale Fabrik gelöst, indem einerseits die Bestellzyklen durch die Abstimmung der Produktionen synchronisiert werden. Andererseits werden Bestellungen zwar weiterhin gesammelt, Schwankungen bleiben jedoch trotzdem aus, da die Bestellzyklen synchronisiert sind und Lieferanten automatisch über dauerhafte Bedarfserhöhungen informiert werden (siehe Abschnitt 3.2).

Der Einfluss der Digitalen Fabrik auf den Bull-Whip-Effekt ist demzufolge enorm und fördert durch Kosteneinsparungen die Wettbewerbsfähigkeit jedes einzelnen Teilnehmers, der die Digitale Fabrik einsetzt bzw. ein Teil davon ist. Dadurch wird, entsprechend des in Abschnitt 2.5.4 beschriebenen Netzwerks, die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten SC gefördert und einzelne Unternehmen erlangen einen wichtigen wirtschaftlichen Vorteil für den Wettbewerb mit Teilnehmern anderer SCs.

Neben dem Bull-Whip-Effekt wird auch der problematische Bereich der Prognose, der in Abschnitt 2.4 zusammengefasst wird, durch die Digitale Fabrik beeinflusst. Die Abstimmung der Produktion zwischen den Unternehmen geht mit dem Austausch von Bedarfsdaten sowie Prognosen einher, um die Produktivität und Zuverlässigkeit der Unternehmen zu steigern. Im Allgemeinen erstellt jedes Unternehmen, unabhängig von den Daten der Kunden, Prognosen, um Engpässe zu erkennen und die Produktion anzupassen (siehe Abschnitt 2.3). Je weiter der Lieferant dabei von dem Endkunden entfernt ist, desto größer ist der Prognosefehler, da die Anzahl der Einflussfaktoren zunimmt und Informationen nur noch in verzerrter Form den Lieferanten erreichen. Die Digitale Fabrik hingegen ermöglicht eine Prognose zukünftiger Bedarfe auf der Basis der Bedarfe von Kunden und in Zusammenarbeit mit diesen. Folglich werden Informationen nicht verfälscht und die Genauigkeit der Prognosen steigt.

Die gesteigerte Prognosegenauigkeit führt wiederum zu einer effektiveren Anpassung der Produktivität sowie Lagerung und ermöglicht Produktivitätssteigerungen und Kostenvorteile. Bezieht man diese Auswirkungen auf die in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Netzwerktheorien, lässt sich ein verbessertes Kosten-Nutzen-Verhältnis feststellen, das laut der Austauschtheorie eine gesteigerte Aktivität zwischen den Unternehmen sowie langfristige Beziehungen impliziert. Ausgehend von langfristigen und vertrauensvollen Verbindungen zwischen den Netzwerkteilnehmern, findet eine Reduktion des Kontroll- und Koordinationsaufwands statt, sodass in diesem Bereich Kosten eingespart und Abläufe effizienter gemacht werden können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Verbesserung des Prognosefehlers einige positive Auswirkungen auf die Produktivität einzelner Unternehmen hat, sodass deren Wettbewerbsfähigkeit ansteigt. Die Verbesserung einzelner Unternehmen wirkt sich auf die gesamte SC aus, da die Wettbewerbsfähigkeit dieser durch die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen SC-Partner bestimmt wird.

3D-Drucker

Die Prognose wird darüber hinaus durch den Einsatz von 3D-Druckern beeinflusst. Dies liegt in der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Eigenschaft von Prognosen begründet, für einen kürzeren Zeitraum exakter zu sein. Die Fähigkeit eines Unternehmens, Produkte schnell und flexibel zu produzieren sowie zu transportieren, könnte die Bedeutung von Prognosen reduzieren. Als Beispiel dafür kann der in Abschnitt 3.3 dargestellte 3D-Druck in Werkstätten angeführt werden, der eine Prognose dieser Ersatzteile teilweise überflüssig macht. Auf diese Weise kann den mit Prognosen einhergehenden Problemen entgegengewirkt werden.

Der Einsatz von 3D-Druckern ermöglicht es demzufolge den Koordinationsaufwand für Ersatzteillieferungen bei geeigneten Teilen drastisch zu reduzieren. Dies impliziert eine schlanke SC hinsichtlich der Warenflüsse sowie eine flexible und auf den Kunden angepasste Produktion. Des Weiteren lassen sich Kostenvorteile bezüglich der Lagerung durch den in Abschnitt 3.3 skizzierten Einsatz von 3D-Druckern hinsichtlich der Ersatzteile realisieren, da diese nicht mehr für Jahrzehnte bevorratet werden müssen.

Der Einsatz von 3D-Druckern wirkt sich damit auf unterschiedliche Art und Weise auf die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens und damit auch auf die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Unternehmen aus. Aufgrund der Struktur des in Abschnitt 2.5.4 beschriebenen Netzwerks wird durch die Befähigung einzelner Unternehmen die Wettbewerbsfähigkeit der SC gesteigert.

Ein weiterer Vorteil besteht in der Reduktion der Kosten, die laut der in 2.5.2 dargestellten Austauschtheorie die Beziehungen und das Vertrauen zwischen Unternehmen langfristig verbessert. Das gesteigerte Vertrauen führt wiederum zu Verbesserungen hinsichtlich der Kontrolle von Beziehungen zwischen den Netzwerkteilnehmern und impliziert eine bessere Zusammenarbeit sowie die Entstehung von fest verbundenen Netzwerken, die auf SC-Ebene konkurrieren können.

Die Entwicklung von Netzwerken im Sinne der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskostentheorie wird ebenfalls durch den 3D-Druck beeinflusst, da dieser den Koordinationsaufwand in der SC beispielsweise für die Ersatzteillieferung reduziert. Infolgedessen werden zum einen die Transaktionskosten für Koordination und Kontrolle der Beziehung ex post und zum anderen die Einflussfaktoren ‚Unsicherheit‘ sowie ‚Spezifität‘ reduziert. Diese werden beeinflusst, indem Änderungen der Stückzahlen in Abhängigkeit der Anwendungsart relativ einfach umgesetzt werden können. Gemeint ist damit, dass wie in Abschnitt 3.3 dargestellt, beispielsweise bei einer Rückrufaktion, die zu tauschenden Ersatzteile in den einzelnen Werkstätten gedruckt werden können, ohne dass in einem Produktionswerk gesondert Maschinen für die Fertigung eingesetzt werden müssen, die für die geplante Produktion ausfallen. Des Weiteren werden konstruktive Änderungskosten reduziert, da die Anpassung des Produkts digital vorgenommen wird und keine weiteren Bearbeitungsschritte hinzukommen. Lediglich die Druckzeit kann durch größere Veränderungen beeinflusst werden.

Diese Eigenschaften und Auswirkungen des 3D-Drucks sowie die Verringerung des Koordinationsaufwands führen zu geringeren Kosten in der in Abschnitt 2.5.2 skizzierten Transaktionskostentheorie und fördern damit den Austausch zwischen Unternehmen. Dieser bildet in diesem Zusammenhang die Grundlage für langfristige und vertrauensvolle Beziehungen, die als Basis

für wettbewerbsfähige SC-Netzwerke gilt. Die vertrauensvollen Partnerschaften zwischen den Netzwerkteilnehmern sind in einem horizontalen Netzwerk von großer Bedeutung, da dieses Netzwerk nicht permanent durch ein fokales Unternehmen geleitet wird und der Zusammenhalt auf dem wirtschaftlichen Vorteil für die einzelnen SC-Partner beruht. Die Entstehung von Vertrauen bindet die Unternehmen aneinander und erhöht den Preis für die Wahrnehmung von Opportunitäten.

Big Data und Connectivity Port

Ein Großteil der in Abschnitt 2.4 skizzierten Probleme, die sich entlang der SC ergeben, werden durch die Weitergabe unvollständiger und sogar fehlerhafter Informationen hervorgerufen. Das in Abschnitt 3.2 beschriebene Programm, das aus Big Data für bestimmte Ebenen eines Unternehmens spezialisierte Informationen bereitstellt, wirkt dieser Problematik entgegen und beeinflusst die Wettbewerbsfähigkeit einer SC in vielerlei Hinsicht.

Die Bereitstellung angepasster Daten kann auf operativer Ebene die Qualität von Prozessen sowie Produkten und daraus resultierend die Produktivität des Unternehmens fördern. Mit der gesteigerten Produktivität wird ebenfalls die Wettbewerbsfähigkeit des einzelnen Unternehmens sowie der SC gefördert.

Hinsichtlich der in 2.5.2 beschriebenen Netzwerktheorien ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten, um die Entstehung von Netzwerken durch den Einsatz eines solchen Programms zu erläutern. Die Produktivitätssteigerung verbessert das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen eines Austauschs, indem Kosten reduziert werden können. Aufgrund dieser Verbesserung steigt die Aktivität zwischen den Unternehmen und es entstehen langfristige Partnerschaften. Über die Zeit und durch erfolgreiche Zusammenarbeit entwickelt sich Vertrauen zwischen den Unternehmen. Dieses wird gleichfalls durch die Qualität, die durch den Einsatz eines solchen Programms ansteigt, unterstützt. Das entstandene Vertrauen kann eingesetzt werden, um die instrumentalisierte Kontrolle und Koordination zu ersetzen, sodass der Koordinationsaufwand für die beiden Unternehmen sowie entlang der SC verringert wird. Dieser Aspekt wirkt sich auf die Transaktionskostentheorie aus, indem die in 2.5.2 beschriebenen Transaktionskosten ex post durch den geringeren Kontrollaufwand reduziert werden. Aufgrund der vereinfachten sowie günstigen Zusammenarbeit wird diese durch beide Partner gefördert, sodass ein Netzwerk zwischen den Unternehmen aufgebaut wird.

Auf der SC-Ebene ergeben sich weitere Vorteile durch den Einsatz einer solchen Software. Die für die Management-Ebene bereitgestellten Informationen ermöglichen es den vernetzten Unternehmen auf Fakten basierende Entscheidungen zu treffen und somit die Rationalität dieser zu steigern. Aufgrund der Tatsache, dass in diesen horizontalen Netzen kein permanent führendes Unternehmen existiert, das durch aggregierte sowie spezialisierte Informationen das Wohl der SC fördert, bleibt die direkte Beeinflussung der Wettbewerbsfähigkeit der SC aus.

Zusammenfassend lässt sich jedoch eine Beeinflussung der Wettbewerbsfähigkeit der SC feststellen. Der auftretende Effekt in einem horizontalen Netzwerk scheint jedoch geringer als in einem vertikalen Netzwerk mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur.

Cloud-Technologie

Eine weitere Technologie, die im Zuge der vierten industriellen Revolution an Bedeutung gewinnt repräsentieren die Cloud-Anwendungen. Besonders die in Abschnitt 3.2 erläuterten Community Clouds können die Wettbewerbsfähigkeit von SCs durch Kostenvorteile, Effizienzsteigerungen sowie Steigerung der Innovationsfähigkeit beeinflussen. Mit dem Fokus auf die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit einer SC fallen insbesondere letztere Vorteile der Cloud-Anwendungen auf.

Die Effizienzsteigerung der Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen birgt besonders in einem horizontalen Netzwerk, in dem die Führungsposition stetig wechselt, enormes Potential, um Verbesserungen hervorzurufen. Einerseits kann aufgrund der einfachen Einrichtung einer Cloud die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen anpassungsfähig, kostengünstig sowie sicher gestaltet werden. Folglich kann die IT die flexible und wechselnde Zusammenarbeit unterstützen. Unter anderem besteht die Möglichkeit die angesprochene Interoperabilität zu vermeiden.

Die Innovationsfähigkeit wird durch die Zusammenarbeit sowie den vereinfachten Wissensaustausch mittels Clouds gefördert. Da sich die Teilnehmer einer solchen SC auf, wie in Abschnitt 2.5.3 beschrieben, unterschiedliche Bereiche spezialisieren, kann das Wissen der entsprechenden Unternehmen in Clouds zusammengeführt und infolgedessen Wertschöpfung innerhalb der SC betrieben werden.

Die Unternehmen, die auf diese Weise zusammenarbeiten, erweitern das Wissen der Organisation indem sie sich das spezialisierte Wissen der Netzwerkpartner aneignen. Unternehmen werden somit angehalten, innovativ zu sein, da sie ansonsten den Wert für die SC verlieren und ausscheiden.

Des Weiteren ergibt sich aus der Zusammenarbeit der Unternehmen Vertrauen, das wiederum Einfluss auf die Entstehung von Netzwerken ausübt. Die Austauschtheorie (siehe Abschnitt 2.5.2) erklärt, dass sich Vertrauen positiv auf den Koordinationsaufwand auswirkt, indem es formale Instrumente ersetzt und die Zusammenarbeit wiederum erleichtert.

Der Einsatz von Clouds in der Industrie hat aufgrund der großen Anzahl von KMUs eine besondere Bedeutung. Bisher waren das ERP-System sowie dessen Einführung mit einem hohen Investitionsvolumen verbunden, sodass KMUs auf dessen Einsatz verzichteten. Durch aktuelle Entwicklungen im Bereich Cloud-Technologie, die in Abschnitt 3.2 beschrieben wird, wird dieses Hindernis überwunden, sodass ERP-Systeme auch für solche Unternehmen wirtschaftlich bedeutend werden. Durch die Verwendung von Clouds sowie Software können Beziehungen zwischen KMUs ausgebaut und Netzwerke aufgebaut werden. Es ist möglich, dass sich Unternehmen gleicher Größe zusammenschließen und horizontale Netzwerke bilden, die durch die verstärkte Zusammenarbeit und die dadurch entstehenden Synergieeffekte mit anderen Unternehmen sowie SCs konkurrieren.

Zusammenfassend zeigt sich der Einsatz von Clouds auf die Wettbewerbsfähigkeit horizontaler Netzwerke in der Steigerung der Innovationsfähigkeit der gesamten SC. Dies ist ein wichtiger Aspekt hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen SCs. Zudem wird die Zusammenarbeit der Netzwerkpartner vereinfacht und Vertrauen aufgebaut. Auf Grund dessen wird sowohl der Koordinationsaufwand zwischen den Unternehmen verringert als auch die Entstehung von Netzwerken unterstützt. Eine Übersicht der Auswirkungen der Technologien ist in Tabelle 4.2 dargestellt.

4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation

Tabelle 4.2: Übersicht der Auswirkungen von Industrie 4.0 auf horizontale Netzwerke mit polyzentrischer Koordinationsstruktur

Auswirkung \ Technologie	Produktivitätssteigerung	Kontrollaufwand & Vertrauen	Servicelevel verbessern	Produktivanz beherrschen	Kostenersparnis	Wissenserwerb & -austausch	Materialfluss verbessern	Bull-Whip-Effekt vermeiden	Innovationsfähigkeit steigern	Flexibilität	Kundenwünsche erfüllen
M2M in der Produktion	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M2M in der Transportlogistik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Horizontale Integration	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Augmented Reality	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Virtual Reality	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Digitale Fabrik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3D-Druck	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Big Data und Connectivity Port	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cloud-Computing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● = Starker Einfluss ● = Mittlerer Einfluss ● = Geringer Einfluss

4.4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation lateraler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur

Im Folgenden werden die Auswirkungen von der in Kapitel 3 erläuterten Industrie 4.0 auf die Wettbewerbssituation hinsichtlich lateraler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur untersucht. Die in Abschnitt 2.5.4 bezeichneten Netzwerke zeichnen sich durch eine Kooperation von Unternehmen aus, die aus unterschiedlichen Bereichen stammen. Die flache vertikale Koordinationsstruktur entsteht dadurch, dass ein Komponentenlieferant die Koordination in der SC übernimmt. Durch dieses Zusammenspiel entsteht ein wettbewerbsfähiges virtuelles Unternehmen, das einige Vorteile hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit bietet.

M2M-Kommunikation, RFID und CPSs in der Produktion

Der Einsatz von CPSs ermöglicht es Maschinen, durch die Verwendung von Aktoren und Sensoren, Prozesse aktiv zu beeinflussen. Im Zusammenspiel mit der in Abschnitt 3.2 erläuterten M2M-Kommunikation werden diese in die Lage versetzt sich zu verständigen und aufeinander abzustimmen, um den Materialfluss sowie die Produktivität zu optimieren.

Die dezentrale Steuerung (siehe Abschnitt 3.2) bietet auf der Unternehmensebene den Vorteil, dass die Planung der Maschinenbelegung auf operativer Ebene und häufig angewendetes Krisenmanagement, aufgrund von ungeplanten Maschinenausfällen und Mehrproduktionen, entfallen. Des Weiteren ermöglicht eine dezentrale Steuerung, wie sie in Abschnitt 3.3 beschrieben wird, eine flexible Bearbeitung der Teile in einem Unternehmen. Zusätzlich wirkt sich der Einsatz von CPS und M2M-Kommunikation auf die Zuverlässigkeit der Maschinen aus, indem ungeplante Ausfälle vermieden werden. Diese beiden Aspekte führen dazu, dass die in Abschnitt 2.3 aufgeführte Lieferfähigkeit des Unternehmens hinsichtlich Termin, Leistung und Ort erhöht wird. Infolgedessen wird die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen erleichtert und das Vertrauen zwischen den Unternehmen wird aufgrund der Einhaltung von Termin- und Mengenvorgaben gefördert. Mitsamt einer Steigerung des Vertrauens auf interorganisatorischer Ebene findet ebenfalls eine Reduktion des Koordinationsaufwands statt.

Dies wirkt sich auf zwei unterschiedliche Arten auf die Netzworkebildung aus. Durch den verringerten Koordinationsaufwand werden die in Abschnitt 2.5.2 skizzierten Transaktionskosten reduziert, sodass die Aktivitäten zwischen den Unternehmen ansteigen. Dieser Effekt lässt sich ebenfalls hinsichtlich der Austauschtheorie ableiten. Die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen wird begünstigt, indem sich der verringerte Koordinationsaufwand positiv auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis auswirkt (siehe Abschnitt 2.5.2). Der Nutzen, der für die Unternehmen entsteht, wird beiderseitig wertgeschätzt und führt zu langfristigen Beziehungen zwischen den Unternehmen, deren Resultat ein vertrauensvolles Verhältnis zwischen den Unternehmen ist. Dieses wirkt sich dahingehend auf die Zusammenarbeit aus, als dass der Koordinationsaufwand zwischen den Unternehmen reduziert werden kann, da formale Koordinationsinstrumente durch Vertrauen ersetzt werden können (siehe Abschnitt 2.5.2). Die langandauernden Beziehungen sowie das Vertrauen zwischen den Unternehmen resultieren in der Entstehung von Netzwerken, die eng miteinander verbunden sind. Die in Abschnitt 2.5.4 beschriebenen lateralen Netzwerke profitieren von CPSs und M2M-Kommunikation, da der Koordinationsaufwand zwischen den Unternehmen und damit für das koordinierende Unternehmen verringert wird. Die Reduzierung des Koordinationsaufwands führt ebenfalls zu einer Kostensenkung entlang der gesamten SC, sodass die Wettbewerbsfähigkeit der SC gefördert wird, da dem Generalunternehmer ein größerer Spielraum hinsichtlich des Verkaufspreises ermöglicht wird.

M2M-Kommunikation, RFID und CPSs in der Transportlogistik

CPSs und M2M-Kommunikation beeinflussen ebenfalls die innerbetriebliche Logistik. Die Suche und Auswahl der benötigten Teile und Komponenten, wie in Abschnitt 3.3 beispielhaft skizziert, kann durch autonome Transporteinheiten übernommen oder zumindest unterstützt werden. Ein solcher Einsatz von CPSs und M2M-Kommunikation ermöglicht das Einsparen von Personalkosten durch die Reduzierung von ‚Such-Arbeitszeiten‘ und wirkt sich gleichzeitig auf die Produktivität eines Unternehmens aus. Durch CPSs und M2M-Kommunikation werden die richtigen Teile zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung gestellt und fördern demzufolge die Qualität und Effizienz des Produktionssystems. Zusätzlich unterstützt der Einsatz dieser Technologien die Beherrschbarkeit der Variantenvielfalt, indem benötigte Teile automatisch und computergesteuert zur Verfügung gestellt werden (siehe Abschnitt 3.3).

Die unterschiedlichen Vorteile wie gesteigerte Qualität und Produktivität, die in Abschnitt 3.2 aufgeführt werden, wirken sich einerseits auf die Produktionskosten aus, die wiederum das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen verbessern. Im Sinne der in 2.5.2 skizzierten Austauschtheorie wird demzufolge der interorganisationale Austausch erleichtert und es können langfristige und vertrauensvolle Beziehungen entstehen.

Neben den langfristigen Beziehungen im Sinne der Austauschtheorie, erzeugen die verbesserte Qualität und die Variantenbeherrschbarkeit ebenfalls Vertrauen zwischen Unternehmen, indem gewünschte Konfigurationen eines Produkts in der geforderten Qualität geliefert werden, wie in Abschnitt 3.3 aufgeführt. Die Steigerung des Vertrauens führt zu engen Beziehungen zwischen den Unternehmen und ermöglicht eine Reduktion des Koordinationsaufwands, wodurch die Zusammenarbeit und Entstehung von Netzwerken vereinfacht wird. Des Weiteren wird durch die Reduktion des Koordinationsaufwands zwischen den Unternehmen sowohl die Flexibilität als auch der Kostenfaktor der SC verbessert.

Der beschriebene Aspekt hinsichtlich Qualität und Variantenbeherrschung führt im Zuge der Transaktionskostentheorie zu einer verringerten Nacharbeit und folglich zu geringeren Transaktionskosten ex post. Infolgedessen werden die Aktivitäten zwischen den Unternehmen gefördert, sodass feste SCs entstehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Einsatz von CPS und M2M-Kommunikation in den Unternehmen einen erheblichen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC ausübt, indem die Flexibilität der SC verbessert wird, die entstehenden Kosten entlang der gesamten SC verringert werden und die Variantenbeherrschbarkeit gesteigert wird. Es können folglich individuelle Kundenwünsche zu geringeren Kosten realisiert werden. Bezüglich der in Abschnitt 2.5.4 sowie 2.5.3 dargestellten lateralen Netzwerke mit hierarchisch-pyramidalen Koordinationsstrukturen lässt sich eine Reduktion des Kontrollaufwands hinsichtlich des koordinierenden Unternehmens feststellen. Zudem werden interorganisationalen Beziehungen gefestigt, sodass die SC resistenter gegen Einflüsse von außen wird. Aufgrund der Struktur dieses Netzwerks und des verringerten Koordinationsaufwands sind Unternehmen in der Lage sich stärker auf ihren Bereich der Wertschöpfung zu spezialisieren.

Horizontale Integration mittels CPS und M2M

Neben dem Einsatz innerhalb eines Unternehmens können CPSs unternehmensübergreifend, im Sinne einer horizontalen Integration, angewendet werden. Vernetzte Unternehmen können, falls möglich, bei Bedarf Kapazitäten für Kooperationspartner zur Verfügung stellen und den Materialfluss entsprechend umleiten, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben wurde. Diese Lösungsstrategie wird einerseits auf Grund der Tatsache begünstigt, dass ein laterales Netzwerk mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur ein virtuelles Unternehmen darstellt, das als eine Einheit agiert und gemeinsame Interessen verfolgt (siehe Abschnitt 2.5.4). Andererseits muss hinterfragt werden, ob ein Unternehmen, das dieser SC angehört, kurzfristig die Aufgaben eines Kooperationspartners übernehmen kann, da sich die einzelnen Teilnehmer auf ihre Fähigkeiten spezialisieren.

Eine andere Anwendungsmöglichkeit der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit besteht darin, auftretende Lieferprobleme von Kooperationspartnern frühzeitig zu erfahren und diese in die eigene

Produktion einfließen zu lassen. Diese beiden Aspekte wirken sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC aus. Durch die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit kann die in Abschnitt 2.3 erläuterte Lieferfähigkeit der SC erhöht werden, da schneller auf Probleme in der Lieferkette reagiert werden kann. Des Weiteren wird die Abstimmung der SC-Partner durch CPSs und Big Data unterstützt und somit vereinfacht.

Hinsichtlich der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskostentheorie kann durch die Verwendung dieser Technologien die Entstehung von Netzwerken erklärt werden, indem die Zusammenarbeit erleichtert und die Transaktionskosten für die Überwachung der Beziehung reduziert werden. Dies hat eine Zunahme der Aktivitäten zwischen den Unternehmen zur Folge, die lediglich einen Teil langfristiger Beziehungen repräsentieren. Eine vereinfachte Zusammenarbeit wirkt sich folglich auf die Netzwerkbildung aus und ermöglicht eine wettbewerbsfähige SC.

Die Entstehung von Netzwerken durch eine vereinfachte Zusammenarbeit wird auch durch die in 2.5.2 aufgeführte Austauschtheorie bestätigt, da das Kosten-Nutzen-Verhältnis verbessert wird. Dies impliziert die Entwicklung langfristiger Beziehung, in denen bei erfolgreicher Zusammenarbeit Vertrauen zwischen den Teilnehmern entsteht. Dieses bietet die Möglichkeit formelle Koordinationsinstrumente zu substituieren und den interorganisatorischen Koordinationsaufwand zu reduzieren, wie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben

Die Entwicklung langfristiger und vertrauensvoller Beziehungen sowie der verminderte Koordinationsaufwand begünstigen die Entwicklung von Netzwerken kooperierender Unternehmen und folglich SCs, die sich durch eine starke Bindung auszeichnen und somit wettbewerbsfähig sind.

Des Weiteren lassen sich bezüglich der prognostizierten Entwicklungen einige Vorteile erkennen. Geht man von einem koordinierenden Unternehmen aus, das die SC-Teilnehmer mittels restriktiver Maßnahmen anleitet, können entstehende Kosten wegen Nicht-Erfüllung reduziert werden, sodass dieser Nachteil der Netzwerkstruktur entfällt.

Augmented Reality

Weitere Anwendungen von Industrie 4.0 liegen in der AR sowie VR, die in Abschnitt 3.2 beschrieben wurden und bereits in einzelnen Betrieben Anwendung finden. Ihr Einsatz impliziert die Entstehung von konkurrierenden SCs. Die Anwendung dieser genannten Technologie geht mit einer Steigerung der Produktivität sowie Qualität einher, indem Mitarbeiter bei der Ausführung ihrer Tätigkeit unterstützt werden. Dabei können ‚Such-Arbeitszeiten‘ in der internen Logistik sowie Montagezeiten in der Produktion reduziert werden. Die Qualität der Produkte kann in der Montage beispielsweise durch das Erzwingen von Arbeitsschritten oder die Unterstützung bei einer visuellen Prüfung gesteigert werden, wie in Abschnitt 3.3 ausgeführt.

Diese beiden Aspekte wirken sich hinsichtlich der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Austauschtheorie sowie der Transaktionskostentheorie auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC aus. Erstere Theorie impliziert eine begünstigte Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen, indem die Kosten reduziert und das Kosten-Nutzen-Verhältnis verbessert wird. Hieraus wiederum entstehen langfristig ausgerichtete Beziehungen, die bei erfolgreicher Zusammenarbeit Vertrauen hervorbringen. Dieses

kann dazu verwendet werden, den Koordinationsaufwand zwischen den Unternehmen zu reduzieren und formale Koordinationsmechanismen zu ersetzen. Der sinkende Koordinationsaufwand impliziert gleichzeitig eine Reduktion der Transaktionskosten ex post, da der Kontrollaufwand der Beziehung und damit auch die Kosten gesenkt werden (siehe Abschnitt 2.5.2). Damit folgt auch aus zweiter Theorie eine Zunahme der Aktivitäten zwischen den Unternehmen, aus denen Netzwerke entstehen. Diese zeichnen sich durch Vertrauen sowie Kooperation aus und bilden damit die Grundlage für wettbewerbsfähige SCs.

Neben der Produktivität in Zusammenspiel mit der Austauschtheorie wird das Vertrauen zwischen den Unternehmen durch die steigende Qualität sowie die Lieferfähigkeit gefördert, sodass ebenfalls die Entstehung wettbewerbsfähiger SCs unterstützt wird.

Virtual Reality

Besonders wichtig, aufgrund der lateralen Netzwerkstruktur, scheint die in Abschnitt 3.2 dargestellte VR zu sein. Diese befähigt die Unternehmen, insbesondere in der Entwicklung mit anderen Unternehmen, zusammenzuarbeiten, Ergebnisse realistisch zu präsentieren und gemeinsame Lösungen zu erarbeiten. Aufgrund der Spezifizierung der einzelnen Unternehmen in dem lateralen Netzwerk und der notwendigen intensiven Zusammenarbeit zur Wertschöpfung, stellt die VR eine besonders vielversprechende Technologie dar.

Durch die Verwendung von VR in den Unternehmen wird die Zusammenarbeit sowie die davon abhängige Innovationsfähigkeit des virtuellen Unternehmens gefördert. Die vereinfachte und zugleich produktivere Kooperation ermöglicht wiederum die Vertrauensförderung im Sinne der Austauschtheorie und folglich die Entstehung wettbewerbsfähiger SCs, wie in Abschnitt 2.5.2 skizziert. Die Steigerung der Innovationsfähigkeit sowie die Möglichkeit auf Kundenwünsche einzugehen, basierend auf der vorliegenden Netzwerkstruktur, beeinflusst die Wettbewerbsfähigkeit der SC, da diese Aspekte aktuell in der Wirtschaft gefordert werden, um auf dem globalen Markt bestehen zu können, wie in Kapitel 1 ersichtlich wird.

Des Weiteren können durch den Einsatz von VR Entwicklungskosten eingespart und die Entwicklung selbst beschleunigt werden, da Prototypen in geringerer Anzahl benötigt und Schwachstellen des Produkts besser ersichtlich werden. Als Beispiel kann hier die virtuelle Montage und Demontage einer Komponente, beschrieben in Kapitel 3.3, angeführt werden.

Durch die Senkung der Entwicklungskosten wird ebenfalls das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen verbessert, sodass die Aktivitäten zwischen diesen Unternehmen begünstigt werden. Daraus entstehen wiederum Netzwerke, die mit anderen SCs konkurrieren können.

Digitale Fabrik

Eine Technologie, die ebenfalls auf virtuellen Objekten basiert, stellt die in Abschnitt 3.2 erläuterte Digitale Fabrik dar, durch deren Einsatz diverse Vorteile realisiert werden können.

Ein verbesserter Materialfluss sowie abgestimmte Produktionsprozesse bedingen eine Produktivitätssteigerung des betrachteten Unternehmens. Gleichzeitig können Lagerkosten durch verminderte Lagerbestände reduziert werden. Die Kostenvorteile, die durch die drei genannten Aspekte entstehen, wirken sich auf gleiche Weise auf die Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der SC und die Entstehung von Netzwerken aus.

Die in Abschnitt 2.5.2 erläuterte Austauschtheorie beinhaltet als Kern ein Kosten-Nutzen-Verhältnis, um den Wert einer Beziehung zwischen zwei Entitäten zu beschreiben. Dieses wird aufgrund der Kosteneinsparungen verbessert und begünstigt, entsprechend der Theorie, die Kooperation zwischen Unternehmen. Der einmalige Austausch zwischen den Unternehmen stellt nur einen einzigen Akt langfristiger Beziehungen dar, die sich sowohl durch Vertrauen als auch durch Verträge auszeichnen. Bei einer erfolgreichen Zusammenarbeit der Kooperationspartner wird Vertrauen produziert, das formale Koordinationsinstrumente wie Verträge substituiert und somit den Koordinationsaufwand der Partnerschaft verringert (siehe Abschnitt 2.5.2). Infolge des verminderten Koordinationsaufwands wird die Wettbewerbsfähigkeit der SC gefördert, da der Austausch zwischen den Unternehmen beschleunigt wird und schneller auf Veränderungen reagiert werden kann. Die Flexibilität der SC, folglich ein wichtiger Wettbewerbsfaktor, wird gefördert. Des Weiteren bestehen die Verbindungen des Netzwerks aus vertrauensvollen sowie beständigen Beziehungen, sodass diese eine gewisse Stabilität gegen äußere Einflüsse aufweisen. Die Kosten für die Wahrnehmung von Opportunitäten, wie sie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben wurden, werden infolgedessen gesteigert.

Mit dem Einsatz der digitalen Fabrik werden zudem Engpässe und damit auch Produktionsausfälle vermieden. Dies impliziert, dass die in Abschnitt 2.3 erläuterte Lieferfähigkeit des betrachteten Unternehmens gesteigert wird und Liefertermine eingehalten werden. Die gesteigerte Zuverlässigkeit des Lieferanten fördert wiederum die Zufriedenheit und das Vertrauen des Kunden. Die in Abschnitt 2.5.2 erläuterte Austauschtheorie impliziert, dass diese Veränderungen mit einer Reduktion des Koordinationsaufwands einhergehen.

Zudem deutet die in Abschnitt 2.5.2 skizzierte Transaktionskostentheorie die Entstehung von langfristigen Beziehungen zwischen Unternehmen in Netzwerken an, da eine Reduktion des Koordinationsaufwands sowohl durch die Austauschtheorie als auch durch die Vermeidung von Produktionsausfällen suggeriert wird. Die verringerten Kosten für eine Zusammenarbeit beeinflussen die Transaktionskosten ex post und erleichtern damit die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen.

Neben der unternehmensinternen Abstimmung der Produktionsprozesse lässt sich auch eine unternehmensübergreifende Abstimmung umsetzen. In Verbindung mit einer gesteigerten Informationstransparenz werden die allgemein bekannten ‚6r‘ der Logistik (das richtige Produkt zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Menge und in der richtigen Qualität) gefördert. Auf Grund der Informationstransparenz wird die Koordination durch das koordinierende Unternehmen verbessert, da Entscheidungen rationaler werden. Dies führt insgesamt dazu, dass eine effektivere Koordination der Netzwerkpartner stattfindet.

Die in 2.5.2 beschriebene Struktur des lateralen Netzwerks zeichnet sich durch Teilnehmer unterschiedlicher Branchen sowie eine weitgehend horizontale Verflechtung mit Ausnahme des koordinierenden Unternehmens aus. Aufgrund der geringen Stufigkeit der SC, wechselnden Kooperationen sowie die Koordination durch ein fokales Unternehmen ist der Bull-Whip-Effekt

wahrscheinlich tendenziell weniger stark ausgeprägt.

Aufgrund dessen üben der Einsatz der Digitalen Fabrik, der verbesserte Informationsaustausch sowie die Produktionsabstimmung zwischen den Unternehmen nur einen geringeren Einfluss auf den Bull-Whip-Effekt aus.

Hinsichtlich der drei Komponenten des Bull-Whip Effekts, wie in Abschnitt 2.4 ausgeführt, lassen sich trotzdem verschiedene Auswirkungen feststellen. Beispielsweise wird der verzögerte Informationsaustausch zwischen den Unternehmen und die damit einhergehende, verzögerte Erkennung von Trends vermieden, da Produktionspläne im Voraus ausgetauscht werden. Ein allgemein verbesserter Informationsaustausch impliziert denselben Effekt. Zusammen führen diese beiden Eigenschaften der Digitalen Fabrik dazu, dass Trends und Ausreißer der Prognose frühzeitig erkannt werden und keine überproportionale Bestellung seitens der Lieferanten vorgenommen wird.

Die zweite in Abschnitt 2.4 erläuterte Komponente des Bull-Whip-Effekts besteht aus dem Sicherheitsdenken sowie der Bestellung in Losgrößen. Durch die in Abschnitt 3.2 beschriebene Digitale Fabrik kann dieser Effekt ebenfalls vermieden werden, da eine Absprache zwischen den Unternehmen hinsichtlich der Produktion Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Produktionsmenge verhindert. Es bleibt lediglich die Unsicherheit In Anbetracht einer ungeplanten Produktionserhöhung bestehen. Neben dem Sicherheitsdenken wird auch die Problematik im Hinblick auf die Bestellung in Losgrößen vermieden. Durch den verbesserten Informationsfluss sowie eine langfristige Absprache können Fehlprognosen des Bedarfs aufgrund der Bestellung in Losgrößen vermieden werden.

Der Burbidge-Effekt (siehe Abschnitt 2.4) ist ein weiterer Grund für die Entstehung des Bull-Whip-Effekts und resultiert aus der diskontinuierlichen Bestellung der Unternehmen, sodass die Bestellmenge für gleiche Zeiträume schwankt. Die Weitergabe von geplanten Produktionsmengen sowie die Abstimmung der Unternehmen aufeinander führen zu synchronisierten Bestellzyklen und damit zu einer Vermeidung des Burbidge-Effekts.

Der Bull-Whip-Effekt fällt in einem lateralen Netzwerk wahrscheinlich gering aus, sodass Gegenmaßnahmen nur mäßige Effekte auf die Produktivität und Kosten aufweisen. Der Einsatz der Digitalen Fabrik entlang der SC hat jedoch einen starken Effekt auf die Prognose der einzelnen Unternehmen. Aufgrund der Tatsache, dass sie die Planung des koordinierenden Unternehmens kennen, können sie sich auf die Produktionsmengen einstellen und die Prognose verliert an Bedeutung. Allerdings nimmt die Genauigkeit der Prognose seitens des koordinierenden Unternehmens an Bedeutung zu, da von ihr weitere Unternehmen abhängig sind und sich bei falschen Werten enorme Folgekosten ergeben können. Zudem wächst die Abhängigkeit der Unternehmen von dem koordinierenden Unternehmen.

Als Auswirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC lässt sich festhalten, dass eventuell auftretende Effekte des Bull-Whip-Effekts vermieden werden. Die folglich eingesparten Kosten machen die SC effizienter und steigern damit ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen SCs. Die Abhängigkeit von dem koordinierenden Unternehmen erhöht im Sinne der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Ressource-Dependance-Theorie jedoch die Kosten für den Austausch von Ressourcen. Zudem stellt

die enorme Bedeutung der Prognose des koordinierenden Unternehmens einen Risikofaktor für die SC dar.

3D-Drucker

Der Einsatz von 3D-Druckern, wie in Abschnitt 3.3 beispielhaft dargestellt, ermöglicht auch im Hinblick auf die prognostizierte Entwicklung lateraler Netzwerke einige Vorteile bezüglich der Wettbewerbsfähigkeit der SC. Die Möglichkeit einzelne Komponenten direkt bei dem Kunden, daher dem koordinierenden Unternehmen, herzustellen verringert die Transportkosten enorm und lässt Lieferzeiten entfallen. Für die Zulieferer bedeutet dies, dass der Zeitpunkt des in Abschnitt 2.3 erläuterten CTPs einfach ermittelt werden kann und gleichzeitig enorm verbessert wird. Weiteren Einfluss hat der 3D-Druck auf die Flexibilität und Schnelligkeit der Lieferung, da konstruktive Änderungen umgehend umgesetzt werden können, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben. Dies ermöglicht das Umsetzen von Kundenwünschen und zugleich den Anforderungen der Globalisierung gerecht zu werden. Zudem kann der 3D-Druck, wie in Abschnitt 3.3 skizziert, in der Konstruktion und Entwicklung von Teilen eingesetzt werden, um somit Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und die Entwicklung zu beschleunigen. Dieser Aspekt führt zu einer steigenden Innovationsfähigkeit, die besonders in einem lateralen Netzwerk von großer Bedeutung ist, da in Kooperation mit anderen Unternehmen Produkte entwickelt werden.

Abhängig von dem Führungsstil des koordinierenden Unternehmens in dem lateralen Netzwerk lassen sich weitere Vorteile des 3D-Drucks feststellen. In der Automobilbranche ist es teilweise üblich, wie in Abschnitt 2.5.5 aufgeführt, dass das koordinierende Unternehmen die Verantwortung für die Verfügbarkeit von Teilen und damit die Kosten auf die Lieferanten überträgt. Dieser Aspekt kann partiell ebenfalls durch den 3D-Druck umgangen werden, indem Lieferanten Teile nicht mehr lagern müssen, sondern lediglich digitale Versionen speichern, um sie gegebenenfalls drucken zu können (siehe Abschnitt 3.3). Hieraus ergeben sich ebenfalls Kostenvorteile. Der 3D-Druck wirkt sich zusammenfassend positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC aus, indem er die Kosten entlang der SC verringert. Hieraus resultiert entsprechend der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Austauschtheorie ein verbessertes Kosten-Nutzen-Verhältnis, sodass der Austausch zwischen den Netzwerkpartnern gefördert wird. Es entstehen langfristige Aktivitäten zwischen den Netzwerkpartnern, die sich wiederum durch Vertrauen und damit einem verringerten Koordinationsaufwand auszeichnen. Infolgedessen steigt die Flexibilität der SC.

Diese Eigenschaft der SC wird ebenfalls durch den 3D-Druck beeinflusst, indem dieser die Möglichkeit bietet kurzfristig auf konstruktive Änderungen in Folge von Kundenwunschanforderungen einzugehen. Durch die Förderung enger Beziehungen sowie die Steigerung der Flexibilität und Möglichkeit auf individuelle Kundenwünsche einzugehen, wird die Wettbewerbsfähigkeit durch den Einsatz des 3D-Drucks verbessert.

Big Data und Connectivity Port

Eine hinsichtlich des lateralen Netzwerks nennenswerte Technologie ist die in Abschnitt 3.3 beschriebene Software, die Informationen entsprechend der Bedürfnisse des Nutzers filtert. Der Einsatz einer solchen Software bietet unterschiedliche Vorteile, die sich auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC auswirken und in Abschnitt 3.3 aufgeführt werden. Einerseits können auf operativer Ebene Informationen bereitgestellt werden, durch die die Produktion direkt beeinflusst werden kann. Hieraus können sowohl Qualitäts- als auch Produktivitätsvorteile entstehen, die zu einem Vertrauenszuwachs zwischen den SC-Partnern führen. Dies impliziert im Zuge der in Abschnitt 2.5.2 dargestellten Austauschtheorie eine vereinfachte Zusammenarbeit der SC-Teilnehmer und führt zu langfristigen Beziehungen. Außerdem können die formalen Instrumente zur Koordination der Zusammenarbeit durch das wachsende Vertrauen substituiert werden. Auf der Ebene des in Abschnitt 2.3 erläuterten SC-Plannings und -Designs können entsprechend gefilterte Informationen verwendet werden, um langfristige und rational gefestigte Entscheidungen zu treffen. Bezogen auf ein in Abschnitt 2.5.3 sowie 2.5.4 dargestelltes laterales Netzwerk können durch das koordinierende Unternehmen fundierte Entscheidungen getroffen werden, die sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC auswirken können. Das Vertrauen zwischen den Unternehmen wird dadurch gefördert, dass Entscheidungen nachvollziehbar und transparent gemacht werden. Besonders die Koordination der Unternehmen durch das führende Unternehmen wird auf Grund dessen begünstigt.

Cloud-Technologie

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von Industrie 4.0 besteht in der in Abschnitt 3.2 erläuterten Verwendung von Clouds zur Verbesserung der Kooperation zwischen Unternehmen, indem das Problem der Interoperabilität gelöst wird. Die Vereinfachung der Kooperation durch Vermeidung von Schnittstellenproblemen führt zu einer Steigerung der Innovationsfähigkeit, der vereinfachten Erfüllung von Kundenwünschen und somit der Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der SC. Aufgrund der Tatsache, dass in lateralen Netzwerken besonders durch die Zusammenarbeit von Unternehmen Produkte entwickelt werden, wirken sich diese Vorteile besonders positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC aus. Die Verwendung von Clouds geht zudem mit einer Kosteneinsparung im IT-Bereich sowie in der Entwicklung einher, wie in Abschnitt 3.2 dargestellt. Dieser Effekt bewirkt hinsichtlich der in Abschnitt 2.5.2 beschriebenen Transaktionskostentheorie, dass die Transaktionskosten reduziert werden, da eine Zusammenarbeit zwischen Unternehmen begünstigt wird. Durch die Verwendung von Clouds werden, wie beispielsweise in Abschnitt 3.2 erläutert, Schnittstellenprobleme gelöst und die Anschaffung bestimmter Programme für eine Zusammenarbeit zwischen Unternehmen überflüssig. Die vereinfachte Kooperation zwischen den Unternehmen führt dazu langfristige Beziehungen zwischen den SC-Partnern aufgebaut werden und stabile SC hinsichtlich der Fluktuation der SC-Teilnehmer entstehen (siehe Abschnitt 2.5.2).

Zusammenfassend lässt sich der Einsatz von Clouds positiv bewerten. Die Innovationsfähigkeit wird gefördert und infolgedessen die Wettbewerbsfähigkeit als SC. Insbesondere im Hinblick auf die laterale Netzwerkstruktur, in der die Kooperation besonders wichtig zur Wertschöpfung scheint, ist eine funktionierende Zusammenarbeit wichtig.

4 Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation

Tabelle 4.3: Übersicht der Auswirkungen von Industrie 4.0 auf laterale Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur

Auswirkung \ Technologie	Produktivitätssteigerung	Kontrollaufwand & Vertrauen	Servicelevel verbessern	Produktivanz beherrschen	Kostensparnis	Wissenswerb & -austausch	Materialfluss verbessern	Bull-Whip-Effekt vermeiden	Innovationsfähigkeit steigern	Flexibilität	Kundenwünsche erfüllen
M2M in der Produktion	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
M2M in der Transportlogistik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Horizontale Integration	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Augmented Reality	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Virtual Reality	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Digitale Fabrik	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3D-Druck	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Big Data und Connectivity Port	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cloud-Computing	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● = Starker Einfluss ● = Mittlerer Einfluss ● = Geringer Einfluss

5 Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 im Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation

5.1 Nutzwertanalyse der Technologien in Abhängigkeit der Netzwerkstruktur

In Kapitel 3 wurden bisher die verschiedenen Technologien der vierten industriellen Revolution sowie mögliche Anwendungsszenarien in Unternehmen und innerhalb einer SC aufgezeigt. Ausgehend von dieser Beschreibung folgte in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 eine Analyse hinsichtlich der Auswirkungen des Einsatzes dieser Technologien in Bezug auf die in Abschnitt 2.5.3 sowie 2.5.4 skizzierten Netzwerkstrukturen. Zwar wurde bereits eine grobe Einteilung der Technologien auf unterschiedliche Aspekte wie Materialfluss, Vertrauensgewinn etc. vorgenommen, jedoch fehlt eine wissenschaftliche Bewertung des Nutzens für das SCM und eine mögliche Wettbewerbsverlagerung. Aufgrund der Tatsache, dass eine theoretische Arbeit vorliegt und die Kosten für den Einsatz der unterschiedlichen Technologien stark von dem einzelnen Unternehmen abhängig sein würden, entfällt die Möglichkeit, investitionsbasierte Methoden wie beispielsweise die ‚Kapitalwertmethode‘ oder ‚Interne Zinsfußmethode‘ anzuwenden.

Dieses Problem lässt sich durch eine nicht-monetäre Analysemethode wie der allgemein bekannten Nutzwertanalyse lösen, die mittels einer Gewichtung der unterschiedlichen Auswirkungen einer Technologie den Nutzen dieser ermittelt und somit eine Schlussfolgerung hinsichtlich des größten Nutzens zulässt.

Anhand dieser Ergebnisse lässt sich anschließend eine Handlungsempfehlung für den Einsatz von Technologien der vierten industriellen Revolution aussprechen. Ob diese ebenfalls von den Netzwerkstrukturen abhängig ist, wird sich im Folgenden zeigen.

Das allgemeine Vorgehen zur Durchführung einer Nutzwertanalyse zeichnet sich durch die Tatsache aus, dass zu Beginn Bewertungskriterien definiert werden, die mit dem angestrebten Ziel in Verbindung stehen. Im Anschluss daran folgt eine Gewichtung dieser Kriterien sowie eine Bewertung der Handlungsalternativen. Die Handlungsalternativen werden in diesem Beispiel durch die einsetzbaren Technologien der vierten industriellen Revolution repräsentiert. Im Anschluss daran kann der Gesamtnutzwert sowie der prozentuale Anteil der einzelnen Technologien bestimmt werden, sodass eine Rangordnung sowie Handlungsempfehlung für die verschiedenen Technologien ausgesprochen werden kann. Eine graphische Darstellung dieser Vorgehensweise findet sich in Abbildung 5.1 wieder.

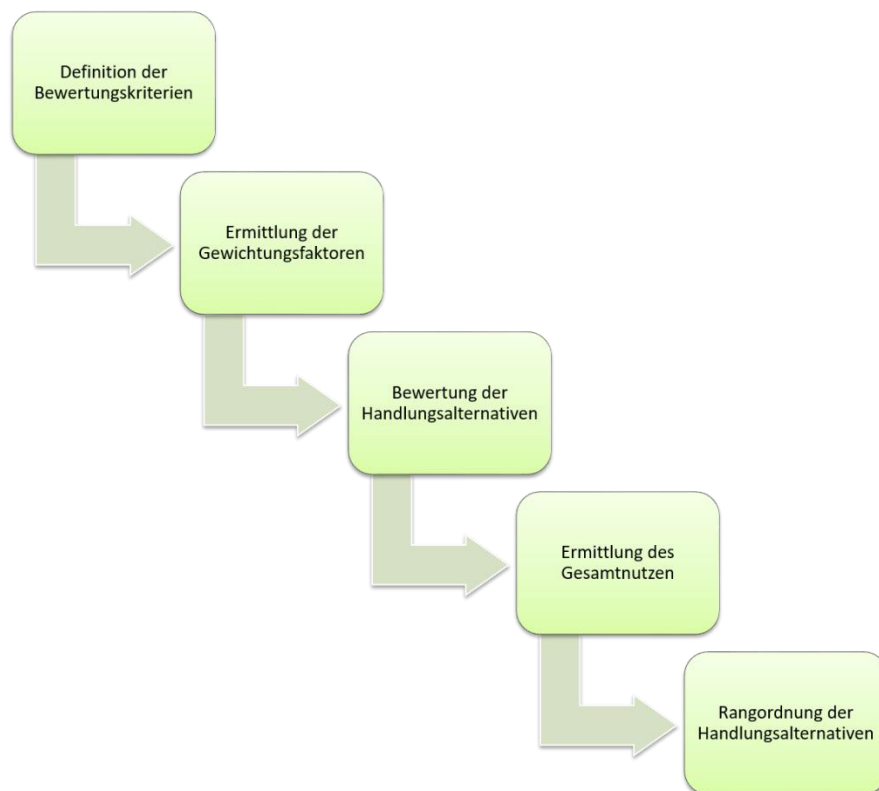


Abbildung 5.1: Vorgehensweise bei der Nutzwertanalyse

Als Ergebnis dieser Analyse ergibt sich eine Rangfolge der einzelnen Technologien hinsichtlich ihres Nutzens. Aufgrund der Tatsache, dass die Technologien in unterschiedlichen Netzwerkstrukturen eingesetzt werden, wie in den Absätzen 4.2 bis 4.4 aufgezeigt, findet für jedes Netzwerk eine Analyse statt, sodass eine Abhängigkeit des Nutzens von der Struktur ersichtlich wird. Die Tabellen 4.1 bis 4.3 weisen bereits darauf hin, dass es leichte Unterschiede der Auswirkungen von Technologien auf die untersuchten Aspekte wie den Materialfluss gibt. Aufgrund der lediglich geringen Unterschiede der Auswirkungen lässt sich am Ende der Nutzwertanalyse eventuell eine für alle Netzwerktypen allgemeingültige Handlungsempfehlung erstellen. Im Folgenden wird die Nutzwertanalyse für die drei unterschiedlichen Netzwerke durchgeführt. Dabei werden die einzelnen Schritte sowie vorgenommene Bewertungen näher erläutert.

Definition der Bewertungskriterien

Die Nutzwertanalyse ist ein relativ einfach anzuwendendes Instrument und wird in vielfacher Weise genutzt. Infolgedessen wurde bereits eine Vielzahl von Bewertungskriterien definiert, wie ebenfalls die Autoren Busse von Colbe et al. festhalten. Aufgrund der Tatsache, dass Bewertungskriterien durchgehend anwendbar und leicht verständlichen sein sollen sowie unmittelbar von dem zu bewertenden Szenario abhängig sind und somit an dieses angepasst werden sollen, findet im Folgenden eine eigene Definition von Bewertungskriterien statt

(vgl. Busse von Colbe et al. 2015, S. 313). Im Folgenden werden einige Bewertungskriterien anhand der in Kapitel 4.2 bis 4.4 analysierten Technologien sowie deren Auswirkungen aufgestellt.

Es werden eigene Bereiche zur Einteilung der Auswirkungen definiert, um dem Anspruch des direkten Zusammenhangs mit dem späteren Nutzen gerecht zu werden. Grundsätzlich wird das in Kapitel 1 beschriebene Ziel untersucht, dass sich aktuell vorzufindende SCs zu miteinander konkurrierenden SCs entwickeln. Diese in Abschnitt 4.1 aufgezeigten Entwicklungen werden durch die Entstehung geschlossener SCs begünstigt. In den Abschnitten 2.5.2 wurde anhand der verschiedenen Netzwerktheorien bereits aufgezeigt, dass Vertrauen für den Aufbau langfristiger Beziehungen verantwortlich ist und die Technologien der vierten industriellen Revolution dafür genutzt werden können, wie in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 dargestellt. Aufgrund der Bedeutung des Vertrauens für die Entwicklung der SCs, sollte dieser wichtige Aspekt bei der Nutzwertanalyse berücksichtigt werden und ein Bewertungskriterium repräsentieren. Das Kriterium der Vertrauensbildung stellt im Folgenden ein Bewertungskriterium dar.

Die Bildung konkurrierender SCs und somit der Wettbewerb zwischen SCs ist zudem von weiteren Faktoren abhängig. Im Zuge der Globalisierung haben die Anforderungen an das SCM sowie die zu bewältigenden Herausforderungen stark zugenommen, wie in Kapitel 1 sowie Abschnitt 2.3 aufgezeigt. Dazu zählen beispielsweise verlängerte Transportzeiten, kürzere Produktlebenszyklen, stärkere Kundenmacht sowie eine große Variantenvielfalt. Technologien, die Unternehmen bzw. SCs bei der Bewältigung dieser Problematik unterstützen, steigern die Wettbewerbsfähigkeit einer SC enorm, sodass diese ebenfalls in direktem Zusammenhang mit dem untersuchten Ziel stehen. Die aufgezählten Einflüsse, denen sich Unternehmen und SCs gegenübersehen, zeigt, dass eine Verbesserung der Produktion hinsichtlich unterschiedlicher Bereiche die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und SCs verbessert. Daraus resultiert ein weiteres Bewertungskriterium, das allgemein als Leistungskriterium beschrieben werden kann.

Des Weiteren impliziert der steigende Welthandel eine Zunahme des Wettbewerbs sowohl für einzelne Unternehmen als auch SCs, da, wie in Kapitel 1 skizziert, eine Vielzahl der Konkurrenten in sogenannten Niedriglohnländern vorzufinden ist. In Verbindung dazu wurde in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 aufgezeigt, dass beschriebenen Technologien kostenreduzierende Effekte aufweisen, sodass die Problematik der steigenden Konkurrenz vermindert wird. Folglich wird eine Verbesserung der Wettbewerbssituation für Unternehmen und, wie in Kapitel 4 erläutert, die SC hervorgerufen. Ein weiteres Bewertungskriterium stellt demzufolge das Kostenkriterium dar.

Ebenfalls im Zusammenhang mit der in Kapitel 1 aufgezeigten Globalisierung steht die Individualisierung der Produkte sowie die allgemeine Kundenzufriedenheit. Diese Aspekte stellen wichtige Bedingungen für SCs dar, um durch die Erfüllung von Kundenwünschen in Wettbewerb mit anderen SCs treten zu können. Aufgrund seiner hohen aktuellen sowie zukünftigen Bedeutung hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit sowie der Möglichkeit der Technologien diese Aspekte, wie in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 beschrieben, zu verbessern stellt das Kundenkriterium ein Aspekt der Bewertung dar.

Neben den bereits genannten Herausforderungen, die sich im Bereich des SCMs ergeben, spielt der Bull-Whip-Effekt eine bedeutende Rolle und stellt einen kritischen Bereich im SCM dar. Ungenaue

Prognosen sowie das Auftreten des Bull-Whip-Effekts wirken sich in vielfacher Hinsicht negativ auf das SCM und die Wettbewerbsfähigkeit aus. Technologien, die diese Effekte vermeiden bzw. abschwächen, wie in Kapitel 4 aufgezeigt, führen zu einer starken Verbesserung der SC-Wettbewerbsfähigkeit und sind daher von Bedeutung für eine Verlagerung des Wettbewerbs auf die SC-Ebene. Aufgrund der genannten Tatsachen stellt das SC-Kriterium ein weiteres Bewertungskriterium dar.

Eine Auflistung der Kriterien sowie die Zuordnung der einzelnen Auswirkungen in die unterschiedlichen Bereiche ist aus Abbildung 5.2 zu entnehmen.

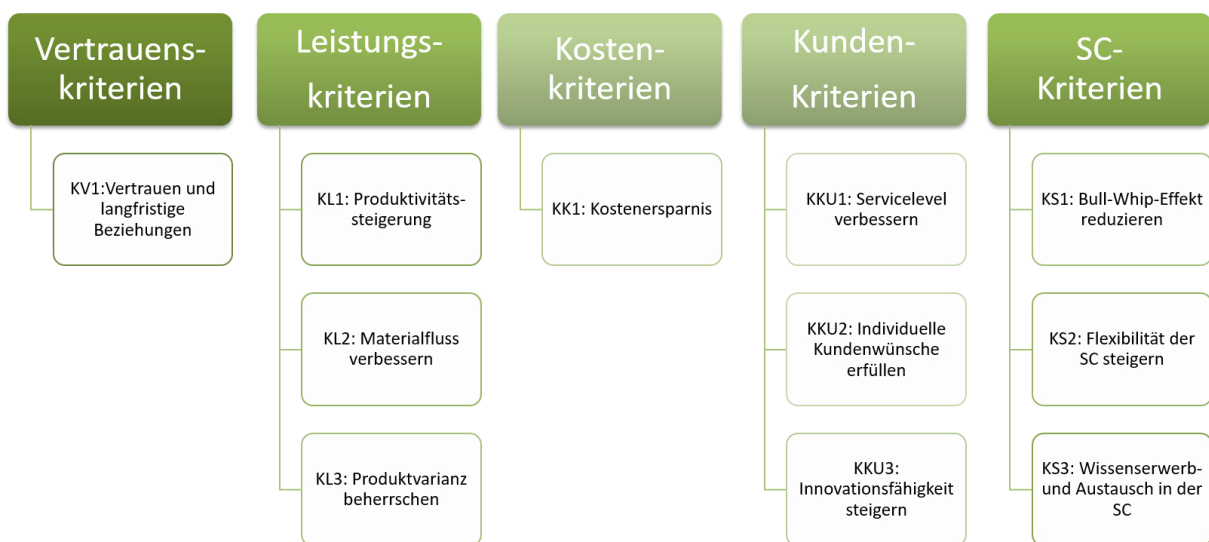


Abbildung 5.2: Zuordnung der Auswirkungen der Technologien zu Kategorien

Begründung der Zuordnung der Auswirkungen

Die in Abbildung 5.2 skizzierten fünf Bewertungskriterien stellen Kategorien dar, denen Auswirkungen des Einsatzes von Industrie 4.0 Technologien zugeordnet werden können. Die Zuordnung der Auswirkungen zu den Kriterien wurde, wie in Abbildung 5.2 zu sehen, bereits vorgenommen. Dabei wurden die gewählten Einflüsse der Technologien den Abschnitten 4.2 bis 4.4 entnommen und zugeordnet.

Eine eindeutige Zuordnung zwischen Kriterium und Auswirkung liegt bei der Kategorisierung der Auswirkung von Technologien auf das ‚Vertrauen und langfristige Beziehungen‘ vor. Dieses lässt sich dem Vertrauskriterium zuordnen, da, wie in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 erläutert, der Einsatz von Industrie 4.0 Technologien das Vertrauen fördert.

Ebenso eindeutig ist die Einordnung der Auswirkung ‚Kostensparnis‘ zu dem Kostenkriterium.

Die Einordnung der Auswirkungen zu dem Leistungskriterium hingegen scheint komplexer. Einerseits könnten die Einflüsse ‚Produktivitätssteigerung‘, ‚Materialfluss verbessern‘ sowie ‚Produktvarianz beherrschen‘ dem SC-Kriterium zugeordnet werden. Dies liegt darin begründet, dass die

Verbesserungen, die sich einem einzelnen Unternehmen ergeben, auf die gesamte SC auswirken können.

Jedoch wirken sich die in Kapitel 4 beschriebenen Technologien vorrangig auf einzelne Unternehmen aus und unterscheiden sich hinsichtlich der dem SC-Kriterium zugeordneten Auswirkungen dahingehend, dass sie nicht ausschließlich in der Globalisierung begründet sind, sondern allgemein erstrebenswert erscheinen.

Im Folgenden wird die Zuordnung der Auswirkungen zum SC-Kriterium erläutert. Diesem Bewertungskriterium werden diejenigen Auswirkungen zugeordnet, die explizit mit der Globalisierung und der daraus resultierenden Konkurrenz in Verbindung stehen. Diese wurden bereits in Kapitel 1 sowie in den Abschnitten 2.4 und 2.5 erläutert. Einen besonderen Stellenwert besitzt dabei der Bull-Whip-Effekt, da dieser zu enormen Problemen entlang der SC führen kann. Des Weiteren wird in Kapitel 1 sowie Abschnitt 2.4 die Flexibilität der SC als wichtiger Wettbewerbsfaktor genannt.

Neben den beiden genannten Auswirkungen lässt sich der Wissensaustausch dem SC-Kriterium zuordnen, da dieser eine bedeutende Rolle bei der Kooperation zwischen Unternehmen darstellt. Diese Auswirkungen beziehen sich ausschließlich auf die SC bzw. das SCM. Eine Zuordnung dieser Auswirkungen zum SC-Kriterium scheint daher sinnvoll.

Das letzte Kriterium repräsentiert das Kundenkriterium, das auf die Wettbewerbsfähigkeit der SC im Hinblick einer steigenden Kundenausrichtung eingeht. Im Zuge der Globalisierung ist die Kundenmacht, wie in Abschnitt 2.4 sowie Kapitel 1 beschrieben, gestiegen und Unternehmen müssen sich an den Wünschen der Kunden orientieren. Aufgrund dessen werden Auswirkungen auf das Servicelevel, die Erfüllung individueller Kundenwünsche sowie die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens dem Kundenkriterium zugeordnet. Ein verbessertes Servicelevel erhöht den Kundennutzen, indem Lieferversprechen zu einem höheren Prozentsatz eingehalten werden. Ebenso wird der Kundennutzen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der SC durch die Erfüllung individueller Kundenwünsche gesteigert. Die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens wirkt sich ebenfalls auf den Kundennutzen aus, da diese auf die Produkte übertragen wird. Nachdem die einzelnen Kriterien definiert und die Auswirkungen, die sich durch den Einsatz von Technologien der vierten industriellen Revolution ergeben, diesen zugeordnet worden sind, müssen den einzelnen Kriterien Gewichtungsfaktoren zugeordnet. Die genaue Vorgehensweise dazu wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

Ermittlung der Gewichtungsfaktoren

Nachdem die einzelnen Bewertungskriterien bestimmt und zugeordnet worden sind, folgt im nächsten Schritt deren Gewichtung mit Hilfe des paarweisen Vergleichs. Dabei werden jeweils zwei Kriterien hinsichtlich ihrer Wichtigkeit direkt miteinander verglichen. Das wichtigere Kriterium bekommt einen Punkt, während das weniger wichtigere keinen Punkt bekommt. Bei einem Gleichstand hingegen erhalten beide Kriterien einen halben Punkt. Dieser Vergleich wird für alle möglichen Kombinationen von Kriterien nacheinander durchgeführt. Falls am Ende ein Kriterium keinen Punkt bekommen hat, wird jedem Kriterium ein weiterer Punkt zugesprochen. Dies liegt darin begründet, dass das Kriterium, das keinen Punkt erhalten hat mit null gewichtet und dadurch im späteren Verlauf nicht mehr

berücksichtigt werden würde. Mit dem Ziel dies zu vermeiden, bekommt jedes Kriterium einen weiteren Punkt. Diese Form des Vergleichs lässt sich hervorragend in der Form einer Matrix bzw. Tabelle darstellen.

Die Untersuchung der Technologien mit Hilfe der Nutzwertanalyse soll für drei unterschiedliche Netzwerkarten durchgeführt werden. Die Gewichtung der Auswirkungen ist unabhängig von der Netzwerk- und Koordinationsform und somit für die unterschiedlichen Strukturen identisch. Der paarweise Vergleich der Auswirkungen von Technologien ist in Tabelle 5.1 zu sehen. Die Entscheidung hinsichtlich der Wichtigkeit wurde dabei anhand der in Abschnitt 2.3 behandelten Aufgaben und Ziele des SCMs sowie der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Probleme des SCMs vorgenommen.

Tabelle 5.1: Gewichtung der einzelnen Auswirkungen der eingesetzten Technologien

		KV	KL			KK	KKU			KS				
		KV1	KL1	KL2	KL3	KK1	KKU1	KKU2	KKU3	KS1	KS2	KS3	KS4	KS5
KV	KV1		0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0	0
KL	KL1	1		0	0,5	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5
	KL2	1	1		0	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5
	KL3	0,5	0,5	1		1	1	1	0,5	1	0	0	0,5	0
KK	KK1	0,5	0,5	0,5	0		0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	0,5
KKU	KKU1	0,5	0	0	0	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0
	KKU2	0,5	0	0	0	0	0,5		0	0,5	0	0	0	0
	KKU3	1	0,5	0,5	0,5	0	0,5	1		1	0,5	0,5	0,5	0,5
KS	KS1	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0		0,5	0	0	0
	KS2	1	0,5	0	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5		0	0	0
	KS3	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	1		0,5	0
	KS4	1	0	0,5	0,5	0	1	1	0,5	1	1	0,5		0,5
	KS5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	1	0,5	1	1	1	0,5	
Σ Vorzugshäufigkeiten		9,5	4	3,5	5	4,5	8,5	10,5	5	10	6,5	4	4,5	2,5
Gewichtung		0,122	0,051	0,045	0,064	0,058	0,109	0,135	0,064	0,128	0,083	0,051	0,058	0,032
Rangfolge		3	8	9	6	7	4	1	6	2	5	8	7	10

Bewertung der Handlungsalternativen und Ermittlung des Gesamtnutzwertes

Im Folgenden werden die einzelnen Handlungsalternativen, also die Einsatzmöglichkeit der verschiedenen Technologien, bewertet. Dabei wird zwischen den einzelnen Netzwerk- und Koordinationsstrukturen differenziert, da die eingesetzten Technologien in Abhängigkeit von diesen, wie in Abschnitt 4.2 bis 4.4 dargestellt, unterschiedliche Auswirkungen auf die Bewertungskriterien aufweisen. Die Bewertung der Handlungsalternativen erfolgt mittels einer Ordinalskala, wobei die Rangfolge auf dem in den Tabellen 4.1 bis 4.3 dargestellten Ampelverfahren basiert. Eine konkrete Einteilung wurde anhand der ausführlichen Beschreibung in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 getroffen.

5 Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 im Supply-Chain-Management unter Berücksichtigung der Wettbewerbssituation

Tabelle 5.2: Vertikale Netzwerke mit hierarchisch pyramidaler Koordinationsstruktur

Handlungsalternativen		Bewertungskriterien										Gesamt-nutzwert	In %	
		KV		KL		KK	KKU			KS				
		KV1	KL1	KL2	KL3	KK1	KKU1	KKU2	KKU3	KS1	KS2			KS3
		Gewichtungsfaktor												
		0,122	0,051	0,045	0,064	0,058	0,109	0,135	0,064	0,128	0,058	0,032		
M2M, CPS und RFID in der Produktion	Bewertung	8	5,5	8	6	1,5	2,5	7,5	3	3	4	7	4,40064	11,291
	Nutzwert	0,974	0,282	0,359	0,385	0,087	0,272	1,01	0,192	0,385	0,231	0,224		
M2M, CPS und RFID in der Transportlogistik	Bewertung	7	5,5	7	7	5,5	2,5	7,5	3	2	4	1	4,20833	10,798
	Nutzwert	0,853	0,282	0,314	0,449	0,317	0,272	1,01	0,192	0,256	0,231	0,032		
Horizontale Integration	Bewertung	2	9	9	4	4	7	6	7	7	7	6	5,10897	13,109
	Nutzwert	0,244	0,462	0,404	0,256	0,231	0,763	0,808	0,449	0,897	0,404	0,192		
Augmented Reality	Bewertung	6	4	4	8,5	8	2,5	5	3	1	4	6	3,8109	9,778
	Nutzwert	0,731	0,205	0,179	0,545	0,462	0,272	0,673	0,192	0,128	0,231	0,192		
Virtual Reality	Bewertung	1	2	1	5	7	8	2	3	9	2	4	3,72436	9,5559
	Nutzwert	0,122	0,103	0,045	0,321	0,404	0,872	0,269	0,192	1,154	0,115	0,128		
Digitale Fabrik	Bewertung	9	7	5	8,5	9	5	9	9	5	9	8	6,49359	16,661
	Nutzwert	1,096	0,359	0,224	0,545	0,519	0,545	1,212	0,577	0,641	0,519	0,256		
3D-Druck	Bewertung	5	1	6	2	1,5	2,5	4	3	6	8	9	3,66667	9,4079
	Nutzwert	0,609	0,051	0,269	0,128	0,087	0,272	0,538	0,192	0,769	0,462	0,288		
Big Data und Connectivity Port	Bewertung	3,5	8	3	2	3	6	2	7	4	1	3	3,3109	8,4951
	Nutzwert	0,426	0,41	0,135	0,128	0,173	0,654	0,269	0,449	0,513	0,058	0,096		
Cloud-Technologie	Bewertung	3,5	3	2	2	5,5	9	2	7	8	6	2	4,25	10,905
	Nutzwert	0,426	0,154	0,09	0,128	0,317	0,981	0,269	0,449	1,026	0,346	0,064		

Die Nutzwertanalyse des vertikalen Netzwerks mit einer hierarchisch-pyramidalen Koordinationsstruktur weist einige Besonderheiten auf. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Digitale Fabrik den größten Gesamtnutzen mit einem prozentualen Anteil von 16,61 Prozent hinsichtlich einer Wettbewerbsverlagerung auf die SC-Ebene aufweist. Mit einem geringeren Anteil von 13,01 Prozent folgt die horizontale Integration sowie die M2M-Kommunikation, CPSs und RFID in der Produktion mit 11,29 Prozent. Der vierte Rang wird durch die Cloud-Technologien mit 10,91 Prozent repräsentiert. Während die übrigen Technologien beinahe 10 Prozent erreichen, weist die in Abschnitt 3.3 beschriebene Technologie zur Datenanalyse lediglich einen Wert von 8,5 Prozent auf und stellt

somit den letzten Rang dar. Es lässt sich erkennen, dass ein relativ starkes Gefälle zwischen der führenden und der am wenigsten geeigneten Technologie besteht, wie in Tabelle 5.2 zu sehen.

Tabelle 5.3: Nutzwertanalyse horizontaler Netzwerke mit polyzentrischer Koordinationsstruktur

Handlungsalternativen		Bewertungskriterien											Gesamt-nutzwert	In %			
		KV			KL			KK		KKU					KS		
		KV1	KL1	KL2	KL3	KK1	KKU1	KKU2	KKU3	KS1	KS2	KS3					
		Gewichtungsfaktor															
		0,122	0,051	0,045	0,064	0,058	0,109	0,135	0,064	0,128	0,058	0,032					
M2M, CPS und RFID in der Produktion	Bewertung	9	8,5	9	7	2	2,5	8	4	1,5	7	5	4,86218	12,486			
	Nutzwert	1,096	0,436	0,404	0,449	0,115	0,272	1,077	0,256	0,192	0,404	0,16					
M2M, CPS und RFID in der Transportlogistik	Bewertung	4	7	7	8	8,5	2,5	7	4	1,5	5	4	4,24359	10,897			
	Nutzwert	0,487	0,359	0,314	0,513	0,49	0,272	0,942	0,256	0,192	0,288	0,128					
Horizontale Integration	Bewertung	1	3	1	1	1	8	4	6,5	6	3	3	3,30769	8,4938			
	Nutzwert	0,122	0,154	0,045	0,064	0,058	0,872	0,538	0,417	0,769	0,173	0,096					
Augmented Reality	Bewertung	8	8,5	3	9	8,5	2,5	5	4	3,5	4	6	4,6859	12,033			
	Nutzwert	0,974	0,436	0,135	0,577	0,49	0,272	0,673	0,256	0,449	0,231	0,192					
Virtual Reality	Bewertung	2	1,5	4	4,5	7	7	1	1	9	8	7	3,99359	10,255			
	Nutzwert	0,244	0,077	0,179	0,288	0,404	0,763	0,135	0,064	1,154	0,462	0,224					
Digitale Fabrik	Bewertung	7	6	6	6	4	5	9	9	3,5	6	8	5,42949	13,942			
	Nutzwert	0,853	0,308	0,269	0,385	0,231	0,545	1,212	0,577	0,449	0,346	0,256					
3D-Druck	Bewertung	3	1,5	8	4,5	6	2,5	6	8	7	9	9	4,73397	12,156			
	Nutzwert	0,365	0,077	0,359	0,288	0,346	0,272	0,808	0,513	0,897	0,519	0,288					
Big Data und Connectivity Port	Bewertung	5,5	4	5	3	3	6	2,5	2	5	1	1	3,3141	8,5103			
	Nutzwert	0,67	0,205	0,224	0,192	0,173	0,654	0,337	0,128	0,641	0,058	0,032					
Cloud-Technologie	Bewertung	5,5	5	2	2	5	9	2,5	6,5	8	2	2	4,37179	11,226			
	Nutzwert	0,67	0,256	0,09	0,128	0,288	0,981	0,337	0,417	1,026	0,115	0,064					

Die Nutzwertanalyse des horizontalen Netzwerks mit einer polyzentrischen Koordinationsstruktur, die in Tabelle 5.3 dargestellt ist, zeigt, dass die Digitale Fabrik mit 13,94 Prozent den größten Anteil am Gesamtnutzwert aller Technologien aufweist. In geringem Abstand folgen M2M-Kommunikation in Verbindung mit CPSs und RFID in der Produktion mit 12,49 Prozent sowie der 3D-Druck mit 12,16 Prozent. Zusammen mit der Augmented Reality, die einen Wert von 12 Prozent aufweist, liegen diese Technologien fast gleichauf. Es fällt insgesamt auf, dass der Gesamtnutzen der Technologien relativ gleichmäßig verteilt ist.

Tabelle 5.4: Nutzwertanalyse lateraler Netzwerke mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur

Handlungsalternativen		Bewertungskriterien											Gesamt-nutzwert	In %
		KV	KL			KK	KKU			KS				
		KV1	KL1	KL2	KL3	KK1	KKU1	KKU2	KKU3	KS1	KS2	KS3		
		Gewichtungsfaktor												
		0,122	0,051	0,045	0,064	0,058	0,109	0,135	0,064	0,128	0,058	0,032		
M2M, CPS und RFID in der Produktion	Bewertung	9	9	9	8	3	3,5	8,5	2,5	2	2	6	4,89744	12,576
	Nutzwert	1,096	0,462	0,404	0,513	0,173	0,381	1,144	0,16	0,256	0,115	0,192		
M2M, CPS und RFID in der Transportlogistik	Bewertung	6	4	4	9	6	3,5	6	2,5	2	9	4,5	4,30769	11,062
	Nutzwert	0,731	0,205	0,179	0,577	0,346	0,381	0,808	0,16	0,256	0,519	0,144		
Horizontale Integration	Bewertung	1	1	1,5	6	1	6	4	8,5	4	1	3	3,08654	7,9259
	Nutzwert	0,122	0,051	0,067	0,385	0,058	0,654	0,538	0,545	0,513	0,058	0,096		
Augmented Reality	Bewertung	7	3	7	7	9	2	5	2,5	2	5	2	3,94872	10,14
	Nutzwert	0,853	0,154	0,314	0,449	0,519	0,218	0,673	0,16	0,256	0,288	0,064		
Virtual Reality	Bewertung	3	8	3	4	8	8	1	2,5	9	8	9	4,69872	12,066
	Nutzwert	0,365	0,41	0,135	0,256	0,462	0,872	0,135	0,16	1,154	0,462	0,288		
Digitale Fabrik	Bewertung	8	5	6	5	7	5	8,5	8,5	5	6	4,5	5,58974	14,354
	Nutzwert	0,974	0,256	0,269	0,321	0,404	0,545	1,144	0,545	0,641	0,346	0,144		
3D-Druck	Bewertung	4,5	2	8	3	4,5	1	7	7	7	7	8	4,51923	11,605
	Nutzwert	0,548	0,103	0,359	0,192	0,26	0,109	0,942	0,449	0,897	0,404	0,256		
Big Data und Connectivity Port	Bewertung	4,5	6,5	5	2	2	7	3	5,5	6	3	1	3,84295	9,8683
	Nutzwert	0,548	0,333	0,224	0,128	0,115	0,763	0,404	0,353	0,769	0,173	0,032		
Cloud-Technologie	Bewertung	2	6,5	1,5	1	4,5	9	2	5,5	8	4	7	4,05128	10,403
	Nutzwert	0,244	0,333	0,067	0,064	0,26	0,981	0,269	0,353	1,026	0,231	0,224		

Das laterale Netzwerk mit hierarchisch-pyramidaler Koordinationsstruktur zeichnet sich einen relativ gleichverteilten Gesamtnutzen aus, wie in Tabelle 5.4 zu sehen. Lediglich die Digitale Fabrik weist einen höheren Anteil von 14,35 Prozent am Gesamtnutzen aller Technologien auf. An zweiter Stelle folgt die M2M-Kommunikation in Verbindung mit CPSs und RFID mit einem Anteil von 12,58 Prozent, dicht gefolgt von der Virtual Reality, die einen prozentualen Wert von 12,07 aufweist. An vierter Position befindet sich der 3D-Druck mit einem Anteil von 11,6 Prozent, wie aus Tabelle 5.5 ersichtlich.

Die Bewertung der Handlungsalternativen sowie die Ermittlung des Gesamtnutzwertes ermöglichen eine genaue Analyse der Technologien hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten im SCM mit dem Fokus auf eine mögliche Wettbewerbsverlagerung. Eine genaue Analyse dieser Bewertung erfolgt im folgenden Abschnitt.

5.2 Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0

Mit Hilfe der vorangegangenen Auswertung der Nutzwertanalyse kann im Folgenden eine Handlungsempfehlung für den Einsatz von Technologien der vierten industriellen Revolution im SCM unter Berücksichtigung einer Handlungsempfehlung abgeleitet werden.

In Tabelle 5.6 sind die drei Netzwerktypen sowie die vier am besten geeigneten Technologien, entnommen aus der Nutzwertanalyse in Abschnitt 5.1, aufgezeigt. Für eine bessere Übersicht wurde der Gesamtnutzwert der ersten drei bzw. vier Technologien in Abhängigkeit des insgesamt möglichen Gesamtnutzwerts dargestellt.

Mit Hilfe der Tabelle 5.5 lässt sich zum einen erkennen, dass unabhängig von der Netzwerkart durch den Einsatz von vier der neun Industrie 4.0 Technologien jeweils 51 bzw. 50 Prozent des insgesamt möglichen Gesamtnutzwertes erreicht werden. Mit drei Industrie 4.0 Technologien werden hingegen 39 Prozent des möglichen Gesamtnutzwertes erreicht. Dies bedeutet, dass bei dem Einsatz der richtigen Technologien, unabhängig von dem vorliegenden Netzwerk, der gleiche Anteil am möglichen Gesamtnutzwert erreicht werden kann.

Andererseits zeigt die Tabelle 5.5 ebenfalls, dass es, obwohl die prozentualen Anteile für die unterschiedlichen Netzwerke nahezu identisch sind, einige Unterschiede in den favorisierten Technologien hinsichtlich der Netzwerkart gibt. Vergleicht man die in den horizontalen sowie vertikalen Netzwerken eingesetzten Technologien, zeigt sich, dass die Digitale Fabrik sowie die M2M-Kommunikation, CPSs und RFID in der Produktion in beiden Bereichen vertreten sind. Während in einer vertikalen Netzwerkstruktur zudem die Horizontale Integration sowie Cloud-Technologie eingesetzt werden sollten, ist in einem horizontalen Netzwerk der 3D-Druck sowie die Augmented Reality von Bedeutung. Diese Unterschiede lassen sich durch die gegensätzliche Struktur der beiden betrachteten Netzwerkarten erklären. Zum Beispiel besitzt die Horizontale Integration, wie in Abschnitt 4.2 dargelegt, in vertikalen Netzwerken einen großen Nutzen, da die Kooperation mit Unternehmen der gleichen Hierarchieebene einige Vorteile mit sich bringt, während in einem horizontalen Netzwerk kaum Unternehmen auf einer Ebene existieren, die gleichartige Aufgaben übernehmen, sodass eine Horizontale Integration möglich wäre, wie in Abschnitt 4.3 formuliert.

Des Weiteren fällt bei einem Vergleich zwischen horizontalen und lateralen Netzwerken auf, dass sie drei Industrie 4.0 Technologien miteinander gemein haben, wie in Tabelle 5.5 zu sehen. Diese unterscheiden sich lediglich hinsichtlich des 3D-Drucks bzw. der Virtual Reality. Die hohe Übereinstimmung zwischen den ersten vier favorisierten Technologien liegt wahrscheinlich darin begründet, dass laterale Netzwerke zum Teil aus horizontalen Netzwerken bestehen und durch ein Unternehmen koordiniert werden. Eine mögliche Begründung für die Verwendung der Technologie ‚Virtual Reality‘ im Gegensatz zur ‚Augmented Reality‘ in lateralen Netzwerken lässt sich durch die notwendige, flexible Zusammenarbeit erklären, bei der die Virtual Reality einen bedeutenden Vorteil für die Unternehmen impliziert, wie in Abschnitt 4.4 dargelegt.

Trotz der teilweisen Unterschiede beim Einsatz der Technologien ist die Dominanz der Digitalen Fabrik gegenüber anderen Technologien erkennbar, indem sie, wie aus Tabelle 5.6 zu entnehmen, stets den ersten Rang einnimmt.

Für den Einsatz von Technologien der vierten industriellen Revolution lässt sich somit festhalten, dass abhängig von der Netzwerkart unterschiedliche Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden sollten, wobei die der lateralen und horizontalen Netzwerke ähnlich scheinen.

Damit eine Wettbewerbsverlagerung auf die SC-Ebene unterstützt wird, sollten wie in Tabelle 5.5 aufgezeigt, die Digitale Fabrik, Horizontale Integration, M2M-Kommunikation in Verbindung mit CPSs und RFID sowie Cloud-Technologie eingesetzt werden.

Die horizontalen sowie lateralen Netzwerke zeichnen sich hingegen durch den Einsatz der Digitalen Fabrik, M2M-Kommunikation in Verbindung mit CPSs und RFID, Virtual oder Augmented Reality sowie 3D-Druck aus. Eine exakte Darstellung sowie eine Rangfolge der Technologien ist in Tabelle 5.5 gegeben.

Tabelle 5.5: Netzwerke, Technologien und ihr Gesamtnutzwert

Rangfolge	Vertikale Netzwerke	Horizontale Netzwerke	Laterale Netzwerke
1	Digitale Fabrik	Digitale Fabrik	Digitale Fabrik
2	Horizontale Integration	M2M in der Produktion	M2M in der Produktion
3	M2M in der Produktion	3D-Druck	Virtual Reality
4	Cloud-Technologie	Augmented Reality	3D-Druck
Anteil Gesamtnutzwert der ersten 4 Technologien	51%	51%	50%
Anteil Gesamtnutzwert der ersten 3 Technologien	39%	39%	39%

6 Ausblick und Zusammenfassung

Das Ziel der Masterarbeit ist es den Einfluss der Technologien der vierten industriellen Revolution auf das SCM mit Blick auf eine mögliche Wettbewerbsverlagerung zu untersuchen sowie daraus resultierend eine Handlungsempfehlung für den Einsatz von Technologien abzuleiten.

Bezugnehmend darauf wurde zu Beginn dieser Arbeit eine Zielsetzung sowie eine mögliche Vorgehensweise formuliert und ausgearbeitet. Im Anschluss daran folgte eine Erläuterung der für die Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendigen Begrifflichkeiten. Dabei wurden die Themengebiete ‚Industrie 4.0‘, ‚SCM‘ sowie ‚Netzwerke‘ näher erläutert und sowohl die aktuelle als auch die zukünftige Wettbewerbssituation im SCM sowie dessen Probleme aufgearbeitet.

Es folgte eine Zuordnung zwischen Netzwerkarten und möglichen zukünftigen Entwicklungen des Wettbewerbs zwischen SCs. Auf Grund dessen konnte untersucht werden, inwiefern sich die Technologien der vierten industriellen Revolution auf die aktuellen Netzwerke auswirken und ob eine Entwicklung hin zu den drei Arten des prognostizierten Wettbewerbs zwischen SCs unterstützt wird.

Zur weiteren Untersuchung der Aufgabenstellung wurden die Inhalte der Bereiche ‚Industrie 4.0‘ sowie ‚Netzwerktheorien‘ miteinander verknüpft. Es wurde untersucht, welche Auswirkungen Industrie 4.0 auf die in den Netzwerktheorien identifizierten Veränderungstreiber, wie beispielsweise Vertrauen, langfristige Beziehungen und Transaktionskosten, hat. Dies ließ Rückschlüsse auf die strukturelle Form der SC sowie eine mögliche Wettbewerbsverlagerung zu. Als Resultat wurden die Auswirkungen der Technologien auf unterschiedliche Aspekte des SCMs mittels eines Ampelsystems in Form einer Tabelle festgehalten.

Anschließend wurde zur Erarbeitung einer Handlungsempfehlung eine Rangfolge der Technologien der vierten industriellen Revolution in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Netzwerkarten aufgestellt. Dazu wurde eine Nutzwertanalyse, basierend auf den vorangegangenen Kapiteln, durchgeführt und im Anschluss daran eine Handlungsempfehlung ausgesprochen. Das Ergebnis dieser Analyse wird in der Tabelle 5.6 dargestellt und zeigt die Ähnlichkeit zwischen hierarchischen und vertikalen Netzwerken hinsichtlich des Technologieeinsatzes auf, während größere Unterschiede zu lateralen Netzwerken bestehen.

Die Schwierigkeit dieser Arbeit lag darin, eine wissenschaftlich fundierte Verbindung zwischen den Auswirkungen von Technologien der vierten industriellen Revolution und einer möglichen Wettbewerbsverlagerung im SCM herzustellen. Diese Problematik wurde durch die Verwendung von Netzwerktheorien gelöst. Des Weiteren stellte die Bewertung der Auswirkungen von Industrie 4.0 hinsichtlich ihres Einflusses ein wesentliches Problem dar,

da diese auf theoretischen Überlegungen beruht und keine praktischen Erfahrungen zur Verfügung standen.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass das Ziel, eine Handlungsempfehlung für den Einsatz von Industrie 4.0 im SCM mit dem Fokus auf eine mögliche Wettbewerbsverlagerung auszusprechen, erfüllt wurde. Jedoch besteht bei der Einordnung der Technologien in eine Rangliste weiterer Handlungsbedarf, da die Kosten für eben diese nicht berücksichtigt wurden, dabei jedoch einen wichtigen Entscheidungsfaktor darstellen. Des Weiteren wurden in Abschnitt 2.2 die unterschiedlichen Entwicklungsphasen des SCM aufgeführt. Anhand der vorgenommenen Untersuchungen könnte die Frage, ob es in Zukunft eine weitere Entwicklungsstufe geben wird, ausführlicher beantwortet werden. Aufgrund der strukturellen Veränderung der SCs durch den Einsatz neuer Technologien könnte vorerst von einer weiteren Entwicklung ausgegangen werden. Weiterer Handlungsbedarf besteht in der Definition des ‚Wettbewerbs zwischen SCs‘. Experten haben in einer Umfrage zwar einstimmig eine Wettbewerbsverlagerung auf die SC-Ebene prognostiziert, dabei besteht jedoch Uneinigkeit hinsichtlich dessen Definition.

7 Literaturverzeichnis

Auling, Andreas (1999): Wissenskooperation - Eine Frage des Vertrauens. In Johann Engelhard, Elmar J. Sinz (Eds.): Kooperation im Wettbewerb. Neue Formen und Gestaltungskonzepte im Zeichen von Globalisierung und Informationstechnologie 61. Wissenschaftliche Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. 1999 in Bamberg. Wiesbaden: Gabler Verlag, pp. 90–111.

Baumgarten, Helmut (2004): Supply Chain Steuerung und Services. Logistik-Dienstleister managen globale Netzwerke -- Best Practices. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Bleher, Nadia (2014): Produktionssysteme erfolgreich einführen. Wiesbaden: Imprint: Springer Gabler (SpringerLink : Bücher).

Brüggemann, Holger; Bremer, Peik (2012): Grundlagen Qualitätsmanagement. Von den Werkzeugen über Methoden zum TQM. Wiesbaden: Vieweg+Teubner (Studium).

Busse von Colbe, Walther; Lassmann, Gert; Witte, Frank (2015): Investitionstheorie und Investitionsrechnung. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer. Available online at <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-46987-3>.

Chopra, Sunil; Meindl, Peter (2014): Supply Chain Management. Strategie, Planung und Umsetzung. 5. Auflage. Hallbergmoos: Pearson (Pearson Studium - WI Wirtschaft).

Cohen, Shoshanah; Roussel, Joseph (2006): Strategisches supply chain management. Berlin: Springer.

Cooper, Martha C.; Lambert, Douglas M.; Pagh, Janus D. (1997): Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. In *The International Journal of Logistics Management* 8 (1), pp. 1–14.

Corsten, Hans; Gössinger, Ralf (2008): Einführung in das Supply-Chain-Management. 2., vollst. überarb. und wesentlich erw. Aufl. München, Wien: Oldenbourg (Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre).

Fasel, Daniel; Meier, Andreas (2016): Big Data: Grundlagen, Systeme und Nutzungspotenziale. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Felser, Winfried; Kirsch, Andreas; Kletti, Jürgen; Wießler, Jochen; Meuser, Dieter (Eds.) (2015): Industrie 4.0 kompakt. Aufl. 2015. Köln: NetSkill Solutions (Competence Book, 16). Available online at <http://de.slideshare.net/FilipeFelix1/competence-book-industrie-40-kompakt-lightversion>.

Finkenzeller, Klaus (2008): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. 5., aktualis. u. erw. Aufl. München: Hanser, Carl.

- Göpfert, Ingrid (2004): Einführung, Abgrenzung und Weiterentwicklung des Supply Chain Managements. In Axel Busch (Ed.): Integriertes Supply Chain Management. Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler, pp. 25–45.
- Günther, Hans-Otto; Tempelmeier, Horst (2005): Produktion und Logistik. Mit 71 Tabellen. 6., verb. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch). Available online at <http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=61699>.
- Hellingrath, Bernd; Hegmanns, Tobias; Maaß, Jan Christoph; Toth, Michael (2008): Prozesse in Logistiknetzwerken - Supply Chain Management. In D. Arnold, H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier, K. Furmans (Eds.): Handbuch Logistik. 3., neu bearbeitete Aufl. Berlin: Springer (VDI-Buch), pp. 459–486.
- Huber, Walter (2016): Industrie 4.0 in der Automobilproduktion. Ein Praxisbuch. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Köhler-Schute, Christiana (Ed.) (2015): Industrie 4.0: Ein praxisorientierter Ansatz. neue Ausg. Berlin: KS-Energy-Verlag.
- Kuhn, Axel; Hellingrath, Bernd (2002): Supply-chain-Management. Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio: Springer (Engineering online library).
- Kurbel, Karl (2016): Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie. Von MRP bis Industrie 4.0. 8th ed.: De Gruyter (De Gruyter Studium).
- Mau, Markus (2003): Supply Chain Management. Prozessoptimierung entlang der Wertschöpfungskette. Weinheim: Wiley-VCH. Available online at <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/homepage/?isbn=9783527624263>.
- Obermaier, Robert (2016): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Plattform Industrie 4.0 (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Available online at <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/I/industrie-40-verbaendeplattform-bericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, checked on 11/5/2016.
- Rademacher, Martin H.; Krömker, Heidi; Weber, Christian; Riedel, Oliver (2014): Virtual reality in der Produktentwicklung. Instrumentarium zur Bewertung der Einsatzmöglichkeiten am Beispiel der Automobilindustrie. Zugl.: Ilmenau, Techn. Univ., Diss., 2014. Wiesbaden: Springer Vieweg (Research).

- Rice, James B.; Hoppe, Richard M. (2001): SUPPLY CHAIN VERSUS SUPPLY CHAIN. THE HYPE & REALITY. In *Supply Chain Management Review* 5 (5), pp. 47–54.
- Scherm, Ewald; Pietsch, Gotthard (2007): Organisation. Theorie, Gestaltung, Wandel ; mit Aufgaben und Fallstudien. München, Wien: Oldenbourg.
- Sendler, Ulrich (2013): Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Xpert.press).
- Simchi-Levi, D. (2000): The Master of Design. An Interview with David Simchi-levi. In *Supply Chain Management Review* 4 (5), pp. 74–80.
- Stewens, Michael (2005): Gestaltung und Steuerung von Supply Chains. 1. Aufl. Lohmar, Köln: Eul (Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre, Bd. 14).
- Sydow, Jörg (2005): Strategische Netzwerke. Evolution und Organisation. 6. Nachdruck. Wiesbaden: Gabler (Neue betriebswirtschaftliche Forschung, 100).
- Wannenwetsch, Helmut (2005): Vernetztes Supply-Chain-Management. SCM-Integration über die gesamte Wertschöpfungskette. Berlin [u.a.]: Springer (SpringerLink: Springer e-Books).
- Wendt, Marco; Schmitzer, Oliver: Kooperation oder Konfrontation ? Automobilindustrie: Zusammenarbeit zwischen OEM und Zulieferern. In *Beschaffung aktuell* 2007. Available online at https://www.mbtech-group.com/fileadmin/media/de/Downloads/2007/Consulting/LPSCMC/BA1107_MBtech.pdf, checked on 12/19/2016.
- Werner, Hartmut (2010): Supply-chain-Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. 4., aktualisierte und überarb. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Lehrbuch).
- Wildemann, Horst (1998): Entwicklungs-, Produktions- und Vertriebsnetzwerke in der Zulieferindustrie. Ergebnisse einer Delphi-Studie. München: TCW, Transfer-Centrum.

Anhang

Eidesstattliche Versicherung

Name, Vorname

Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit/Masterarbeit* mit dem Titel

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Unterschrift

*Nichtzutreffendes bitte streichen

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG -)

Die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Die Technische Universität Dortmund wird gfls. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Ort, Datum

Unterschrift