

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT 2040

WIE VERÄNDERT SICH DIE LOGISTIK IN DER ZUKUNFT?



IN ZUSAMMENARBEIT MIT


GINKGO
MANAGEMENT CONSULTING

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA
GINKGO MANAGEMENT CONSULTING**

SCM2040 – Wie verändert sich die Logistik in der Zukunft?

Martina Schiffer, Hans-Hermann Wiendahl, Benedikt Saretz, Michael Lickefett

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
in Stuttgart.

Georg Pietrzak, Bodo Forstmann

Ginkgo Management Consulting
in Hamburg.

Juli 2020

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	6
MANAGEMENT SUMMARY	7
1 EINLEITUNG	9
1.1 AUSGANGSSITUATION UND ZIELSETZUNG.....	9
1.2 BETRACHTUNGSGEGENSTAND UND METHODISCHES DESIGN.....	10
1.3 BEFRAGTE.....	11
2 VERÄNDERUNGEN DES SUPPLY CHAIN MANagements	13
2.1 RAHMENBEDINGUNGEN IM JAHR 2040.....	14
2.2 THEMENSCHWERPUNKTE DER STUDIE.....	16
3 ERGEBNISSE	17
3.1 ALLGEMEINER TEIL.....	17
3.2 DETAILLIERTER TEIL.....	19
3.2.1 TECHNOLOGIE	19
3.2.2 VALUE ADDING	23
3.2.3 CONTROL TOWER.....	25
3.2.4 GRÜNE LOGISTIK.....	30
4 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	34
4.1 GESCHWINDIGKEIT IN DER SUPPLY CHAIN.....	34
4.2 PLANUNGSGENAUIGKEIT UND VORHERSAGEMECHANISMEN.....	36
4.3 FLEXIBILITÄT.....	37
4.4 DATENKULTUR.....	38
4.5 PRODUKTIONSTECHNIKEN.....	41
4.6 UMWELTSCHUTZ	42
5 ZENTRALE THESEN	45
LITERATUR	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Problemstellung und Zielsetzung	10
Abbildung 2: Betrachtungsgegenstand und Studiendesign	10
Abbildung 3: Studienteilnehmer (Aufteilung Position in der Supply Chain)	11
Abbildung 4: Studienteilnehmer (Aufteilung Position im Unternehmen)	12
Abbildung 5: Entwicklung von dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken.....	13
Abbildung 6: Herausforderungen in der Supply Chain	17
Abbildung 7: Entwicklung der Variantenvielfalt	18
Abbildung 8: Chancen der Logistikverbesserung	19
Abbildung 9: Beteiligung autonomes Fahren.....	20
Abbildung 10: Anteil autonomer Fahrzeuge in 20 Jahren	21
Abbildung 11: Entwicklung der Supply Chain Durchlaufzeiten	23
Abbildung 12: Anwendungsbereiche des Value Adding	24
Abbildung 13: Vision des Control Tower	27
Abbildung 14: Einfluss länderbezogener Regulierungen	29
Abbildung 15: Einsatz der Rückführungslogistik	32
Abbildung 17: Übersicht Handlungsempfehlungen	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Handlungsempfehlungen zu Geschwindigkeit in der Supply Chain	35
Tabelle 2: Handlungsempfehlungen "Planungsgenauigkeit und Vorhersagemechanismen"	36
Tabelle 3: Handlungsempfehlungen Flexibilität	37
Tabelle 4: Handlungsempfehlungen Datenkultur	39
Tabelle 5: Handlungsempfehlungen Produktionstechniken	41
Tabelle 6: Handlungsempfehlungen Umweltschutz	43

Management Summary

Diese Studie wirft einen Blick in die mittel- und langfristige Zukunft von Logistik und Supply Chain. Es geht dabei um die zentrale Fragestellung, wie sich Unternehmen künftig aufstellen sollten, um wettbewerbsfähig zu bleiben:

- Reicht eine Positionierung auf Basis von Produktqualität, -preis, kurzer Lieferzeit und hoher Liefertreue in Zukunft aus?
- Welche weitere innovative und digitale Services entlang der Supply Chain bergen neben dem physischen Produkt Wettbewerbsvorteile?
- Welche Bedeutung wird der Einsatz von Technologien wie künstlicher Intelligenz oder Blockchain haben?
- Wie sind Flexibilität und Widerstandsfähigkeit in der Supply Chain nachhaltig zu organisieren?

Diese und weitere Faktoren untersucht und erörtert die Studie und versucht Akteuren und Entscheidern in der Logistik, eine Einordnung und Orientierung für die Zukunft zu geben.

Für die Recherchen und Befragungen definierte das Team aus der Breite der relevanten Themen vier Segmente bzw. Betrachtungswinkel, nach denen die Ergebnisse gegliedert sind:

- Technologie (von IoT bis autonomes Fahren),
- Value Adding (von on-the-go Produktion bis Produktüberwachung),
- Control Tower (von zentraler Planungs- und Steuerungseinheit bis Asset Sharing entlang der Supply Chain) und
- Green (von Emissionsvermeidung bis Rückführungslogistik).

Die Ergebnisse im Themensegment **Technologie** identifizieren zum einen Standards (z. B. der ISO Container, die Euro-Palette oder der Einsatz von Papier bei Frachtdokumenten) die nach wie vor hohe Bedeutung haben. Zum anderen finden sich relevante Trends für die Zukunft in den Bereichen Prediction & Artificial Intelligence, Automation (z. B. durch autonomes OneShot-Loading), Autonomie im Bereich Vans & Trucks sowie in der Ermöglichung von Plattform-basierten Geschäftsmodellen. Neue Verkehrsmittel wie Drohnen und Lieferroboter werden sowohl den innerbetrieblichen Verkehr als auch die Auslieferung von Waren revolutionieren.

Im Bereich **Value Adding** zeigen die Studienergebnisse vier wesentliche Zukunftstrends auf:

1. Moderne Sensorik ermöglicht selbststeuernde Produkte in der Supply Chain. Sie nehmen auf die Lieferpriorität und Weiterverarbeitung Einfluss und eröffnen Optimierungspotentiale – dies gilt insbesondere im Handelsbereich.
2. Eine (bisher nicht vollumfängliche) Analyse von Logistikdaten in Echtzeit (u.a. durch IoT und 5G) wird Auftragsabwicklungs- und Logistikprozesse signifikant verbessern.

3. Durch Servitization gewinnen digitale Services als Ergänzung zu klassischen physischen Produkten an Bedeutung für den Kunden und für die Supply Chain.
4. Die Parallelisierung von Produktion, Endmontage und/oder Kommissionierung während des Transports birgt Potentiale, steht aber zukünftig weiterhin nicht im Fokus.

Der Begriff **Control Tower** bildet die Zukunftsvision einer Supply Chain-Steuerung und -koordination mit Plattformen für Logistkdaten sowie einem entsprechenden Datenhandel: Diese Plattformen erlauben multiple integrierte Anwendungsfälle z. B. im Bereich CO₂-Kalkulation, Asset-Sharing/Uberization, Verbesserung der Rückführungslogistik oder einem effektiven Datenhandel entlang der gesamten Supply Chain.

Der Kontext von **grüner Logistik** betrachtet die Nachhaltigkeit der Supply Chain: Trends sind die Elektromobilität und die Wahlmöglichkeit für umweltfreundlichen Transport, der signifikanten Zunahme von Mehrwegverpackungen und deren Überwachung & Rückwärtslogistik mittels IoT sowie der Orientierung auf den ökologischen Fußabdruck inklusive Produktrückführung.

Auf Basis der Studienergebnisse ergeben sich zentrale Handlungsrichtungen und -treiber für die zukünftige Supply Chain: So wird der Aufbau von Netzwerken sowie die Nutzung von Logistikallianzen im Lichte von Politik- und Natureinflüssen immer wichtiger. Die zukünftigen Möglichkeiten zur Flexibilisierung von IT Architekturen ermöglichen Plattformen, um vermehrten Austausch von Daten und eine höhere Durchgängigkeit bei der Planung zu bekommen. Daten stellen die Basis für Serviceinnovationen dar, um die Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen in der Logistik zu steigern.

1 Einleitung

Die Logistik als auch das Supply Chain Management vollzogen bereits in den vergangenen Jahrzehnten einen deutlichen Wandel: Aus dem klassischen Transportieren, Umschlagen und Lagern mit strikter Funktionsorientierung entstand ein globales, netzwerkorientiertes Aufgabenfeld. Das Supply Chain Management als auch die Logistik leisten heutzutage einen entscheidenden Beitrag zum Unternehmenserfolg und sind mittlerweile sogar tief in sekundären Prozessen wie Finanzierung oder Versicherung der Waren verankert [1,2]. Die zukünftigen Herausforderungen für produzierende Unternehmen sowie für die Logistikbranche liegen vor allem in den individuellen Kundenanforderungen, kurzen Lieferzeiten sowie steigendem Kostendruck. Basierend auf diesen Herausforderungen und der zunehmenden Globalisierung sowie dem geforderten vollumfänglichen Umweltschutz müssen Unternehmen heutzutage immer komplexere Supply Chains beherrschen und sich ebenso an schnelländernde Gegebenheiten anpassen [3,1,2].

Zunächst beschreibt Abschnitt 1.1 die Ausgangssituation und Zielsetzung der Studie. Darauf aufbauend leiten sich in Abschnitt 1.2 das Studiendesign und der Betrachtungsgegenstand ab. Abschnitt 1.3 gibt einen Überblick über die Teilnehmer der Studie.

1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die digitale Transformation von Unternehmen beschreibt „die Veränderung von Wertschöpfungsprozessen durch die Weiterentwicklung bestehender und die Implementierung neuer digitaler Technologien, Anpassungen der Unternehmensstrategien auf Basis neuer digitalisierter Geschäftsmodelle sowie den Erwerb der dafür erforderlichen Kompetenzen bzw. Qualifikationen.“ [4] Gerade auch die Logistik und das Supply Chain Management sind vermehrt von diesen Veränderungen betroffen. Doch inwiefern sich die Unternehmen und die damit verbundenen Prozesse, Produkte und Geschäftsmodelle verändern werden, ist bisher relativ unklar.

Ziel der Studie ist es, auf Basis gesellschaftlicher Megatrends und der digitalen Transformation, die für die Zukunft der Logistik relevantesten Trends und Aktivitätsfelder für das Jahr 2040 zu identifizieren. Daraus resultieren sowohl erste Handlungsempfehlungen für das produzierende Gewerbe als auch für die Logistikbranche.

Abbildung 1 fasst die Ausgangssituation und Zielsetzung zusammen.

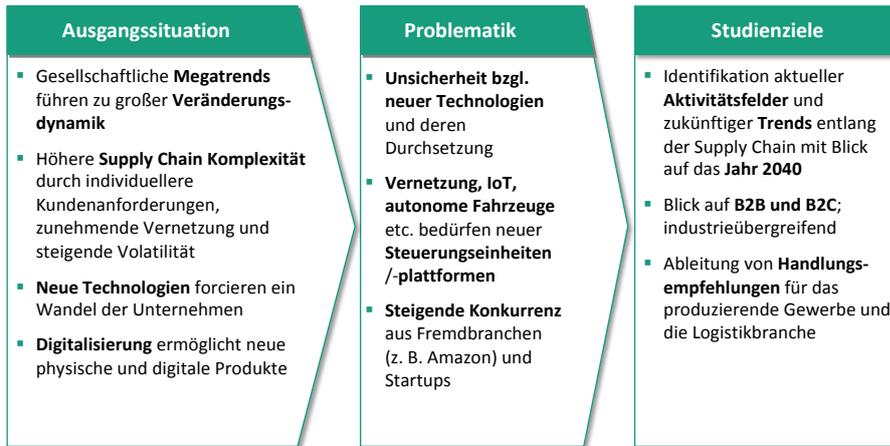


Abbildung 1: Problemstellung und Zielsetzung

1.2 Betrachtungsgegenstand und methodisches Design

Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Studie sind alle Akteure entlang der Supply Chain. Im Fokus der Betrachtungen stehen einerseits OEMs und Tier 1/n Zulieferer, da diese durch ihre zentrale Position innerhalb der Supply Chain einem starken Wandel sowohl auf Endkunden- als auch auf Zuliefererseite unterworfen sind. Auf der anderen Seite werden die Veränderungen auf die Logistikbranche sowohl im B2B als auch B2C Bereich näher betrachtet.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über den Betrachtungsgegenstand und das Studiendesign.

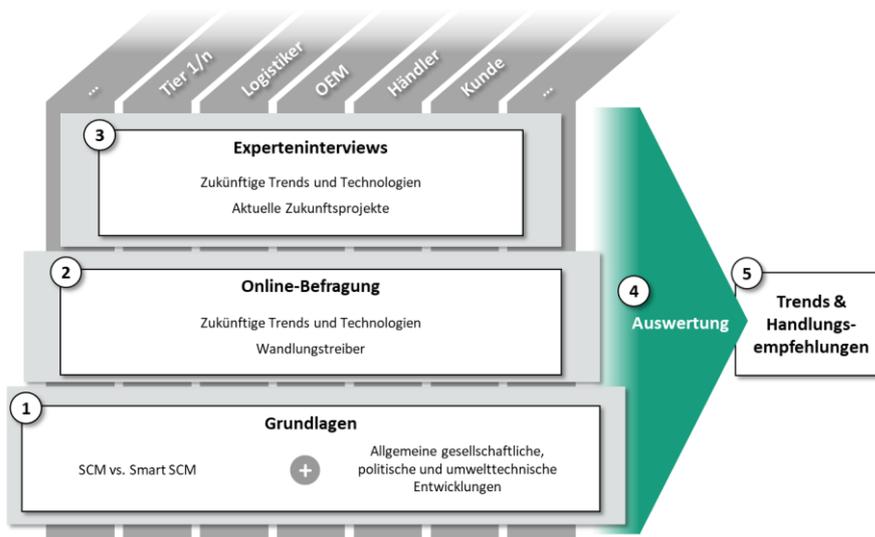


Abbildung 2: Betrachtungsgegenstand und Studiendesign

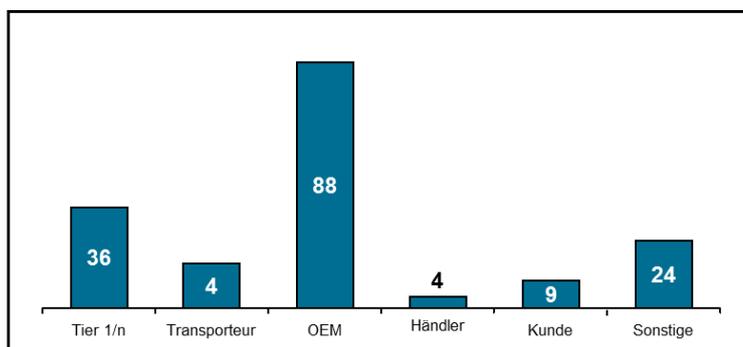
Das Studienvorgehen teilt sich in fünf Schritte:

1. Die **Grundlagen** grenzen eine klassische Supply Chain von einer Smart Supply Chain ab. Rahmenbedingungen und Annahmen für das Jahr 2040 aus wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten wurden näher betrachtet.
2. **Online-Befragung** von Akteuren der gesamten Supply Chain (OEMs, Transporteure, Händler und Zulieferer aus verschiedenen Branchen sowie Fachexperten): Ziel der Befragung war, sowohl aktuelle Forschungsthemen und Technologieprojekte der Beteiligten als auch künftige Herausforderungen und Bedarfe zu identifizieren.
3. **Experteninterviews:** Basierend auf der Online-Befragung wurden Experteninterviews durchgeführt, um weitere Erkenntnisse zu zukünftigen Investitionsbedarfen, Herausforderungen und Kundenanforderungen von OEMs, Zulieferern und Logistikern zu ermitteln.
4. Die **Auswertung** erfolgt in zwei Stufen:
 - a. Die Ergebnisse der Experteninterviews wurden einzeln auf Kernaussagen hin untersucht.
 - b. Die Antworten beider Umfragen wurden möglichst quantitativ über alle Antworten hinweg ausgewertet.
5. **Handlungsempfehlungen:** Aufbauend darauf ergaben sich sowohl strategische Handlungsempfehlungen für das produzierende Gewerbe als auch für die Logistik-Branche.

1.3 Befragte

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 10 **Experteninterviews** mit Managern der oberen Führungsebene und Fachexperten führender Unternehmen und Forschungsinstitute weltweit durchgeführt. Die befragten Personen decken dabei einen großen Bereich der Supply Chain sowie verschiedene Branchen und Wirtschaftsregionen ab.

Die **Online-Befragung** wurde als elektronische Blindversendung durchgeführt (Rücklaufquote 12 %). Die Befragung sowohl in Deutsch und Englisch bereitgestellt. Insgesamt wurden für die Studie 163 Fragebögen ausgewertet, die eine breite Verteilung über alle Akteure der Supply Chain aufweisen, mit eindeutigem Schwerpunkt bei den OEMs, vgl. **Abbildung 3**.



Gültige Fälle: n=163

Abbildung 3: Studienteilnehmer (Aufteilung Position in der Supply Chain)

Bei der Abfrage der besetzten Positionen im Unternehmen zeigt sich ein homogenes Bild: Demnach sind 11 % der Befragten aus der Geschäftsleitung, 31 % der Befragten „Abteilungsleiter“ (v. a. mittleres Management) und weitere 29 % „Projekt-/Bereichsleiter“ (unteres Management). 20 % der Befragten sind „Themenverantwortliche“ in ihrem Unternehmen. Aus der Perspektive der „Facharbeiter“ haben 4 % der Befragten den Fragebogen beantwortet.

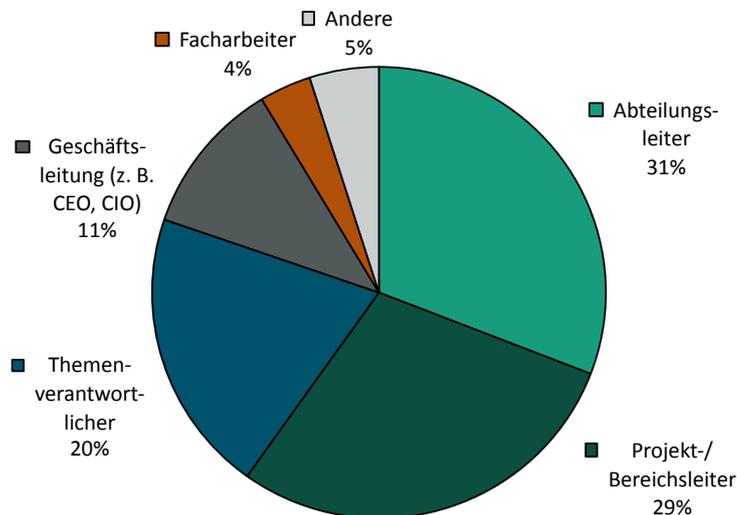


Abbildung 4: Studienteilnehmer (Aufteilung Position im Unternehmen)

Die Befragten betrachten das Thema aus unterschiedlichen Perspektiven. Sie decken die relevanten Akteure in der Supply Chain sowie die relevanten Rollen im Unternehmen hinreichend ab. Gut ein Viertel der Befragten ist seit mindestens 5 Jahren in den genannten Bereichen tätig, genau die Hälfte ist länger als 10 Jahre in seinem Fachgebiet beschäftigt. Die Ergebnisse bieten somit eine gute Grundlage für ein aktuelles Stimmungsbild.

Die Logistik zeigt mehrere Entwicklungsphasen: In ihren Anfängen war sie auf die zeitliche und räumliche Optimierung von Transportprozessen begrenzt. Erste Technologien und Ansätze zum standardisierten Transport sowie zur unternehmensweiten Koordination von Materialfluss-, Lager und Transportsystemen wurden entwickelt [5,6,1].

In den folgenden Jahren hat sich dies zum heutigen Verständnis der Logistik als ganzheitliche Führungslehre weiterentwickelt. Das Supply Chain Management betrachtet den unternehmensübergreifenden Materialfluss, von der Ressource bis zum fertigen Produkt, und optimiert dabei sämtliche Transportprozesse entlang der Wertschöpfungskette. Um den gestiegenen Anforderungen der Verbraucher gerecht zu werden, wurden automatisierte Förder- und Lagersysteme entwickelt sowie Informationssysteme zwischen einzelnen Akteuren implementiert. Es entstanden hocheffiziente, hierarchisch organisierte Wertschöpfungsketten, die Waren weltweit, bedarfsgerecht und Just-in-Time bereitstellen. Zentrales Ziel des SCM ist damit die kosteneffiziente Planung des gesamten Herstellungsprozesses und nicht nur einzelner Schritte [3,6].

Die vierte industrielle Revolution kennzeichnet auch für die Logistik die nächste Entwicklungsphase [3,7]: Bisher eher starre Wertschöpfungsketten entwickeln sich zu immer flexibleren, komplexeren, intelligenten Netzwerken, in denen Waren und Informationen nicht nur zwischen einzelnen, sondern zwischen allen Akteuren ausgetauscht werden, vgl. **Abbildung 5**.

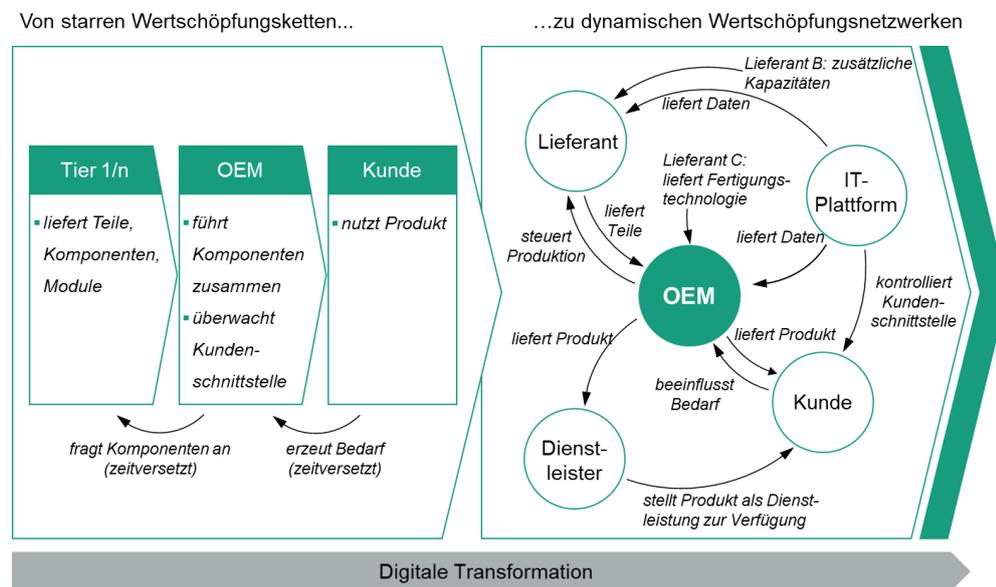


Abbildung 5: Entwicklung von dynamischen Wertschöpfungsnetzwerken (vgl. [4])

Die entstehende dynamische und wandlungsfähige Logistik ist in der Lage, den Herausforderungen eines volatilen Unternehmensumfelds (intern und extern) zu begegnen und sich selbst weiter zu optimieren (z. B. mit Hilfe von Big Data Analysen, künstlicher Intelligenz). Eine umfassende Informationsverfügbarkeit lässt Lieferanten,

Produktionspartner, Kunden und das Unternehmen enger zusammenwachsen und es entwickeln sich agile Wertschöpfungsnetzwerke. In Echtzeit kommunizieren Produktion, Logistiker, Händler und Abnehmer miteinander und ermöglichen es, das richtige Produkt flexibel, kosten- und ressourcenminimal bereitzustellen. [3,6,1,8,7] Schließlich soll dies auch die Resilienz – also die Widerstandsfähigkeit gegenüber Veränderungen – stärken.

2.1 Rahmenbedingungen im Jahr 2040

Die Erkenntnis einer sich wandelnden Welt ist weder neu noch überraschend. Mit einer zunehmenden Veränderungsgeschwindigkeit steigt allerdings die Bedeutung einer Vorhersage, da die Gefahr zu einer verspäteten Reaktion steigt. Einen besonderen Einfluss haben Megatrends, die einen langsamen, tiefgreifenden Wandel der gesamten Gesellschaft bewirken und die Rahmenbedingungen wirtschaftlichen Handelns beeinflussen. Neue Technologien und Innovationen tragen dazu ebenso bei, wie kulturelle und politische Entwicklungen. Zehn dieser Megatrends erscheinen für die Supply Chain im Jahr 2040 von besonderer Bedeutung:

1. Individualisierung

Die Individualisierung und damit der Wunsch nach Selbstverwirklichung ist ein Trend, der sich ausgehend von den westlichen Staaten zunehmend global entfaltet. Als Resultat unserer Wohlstandsgesellschaft werden bereits heute umfassende Produktpaletten und -varianten, Tendenz steigend, angeboten. Die Serienproduktion von Individualprodukten verändert unser Konsumverhalten und schafft damit komplexe Herausforderungen für Gesellschaft und produzierende Unternehmen. Die große Anzahl von Produktvarianten erhöht die Komplexität der Supply Chain sowohl auf der Seite der Zulieferer als auch bei der Zustellung der Produkte auf Seiten der Konsumenten. Die früher typische Belieferung fertiger Endprodukte „ab Lager“ verliert weitestgehend an Bedeutung.

2. Digitalisierung/Konnektivität

Die Digitalisierung und der digitale Wandel beeinflussen immer stärker unseren Alltag. Die zunehmende Vernetzung und neue Kommunikationstechnologien verändern unsere Gesellschaft. Das Smartphone ist unser ständiger Begleiter und erschafft neue Lebensstile, Verhaltensmuster und Möglichkeiten für persönliche Beziehungen. Auch Unternehmen sollten dies berücksichtigen und ihr Handeln auf eine digitale, vernetzte Welt ausrichten. Leistungs- und Effizienzsteigerungen sind nur durch die umfassende Aufnahme, Verarbeitung und Auswertung aller produktions- und logistikbezogenen Daten möglich. Produktfunktionen werden mit digitalen Services erweitert und als Bundles am Markt angeboten.

3. Demographischer Wandel

Die Weltbevölkerung wird älter und insbesondere in den westlichen Industriestaaten werden in den kommenden Jahren überproportional viele Arbeitnehmer in Rente gehen. Unternehmen aus allen Branchen suchen aufgrund dessen schon jetzt nach Nachwuchsarbeitkräften. Es bedarf neuer Technologien und Lösungen, um den Arbeitskräftemangel zu kompensieren und Arbeitnehmer bei ihren operativen Tätigkeiten zu unterstützen.

4. Urbanisierung

Ein immer größerer Teil der Bevölkerung lebt in Städten und Ballungsräumen. Neue Formen der Vernetzung und des Zusammenlebens entstehen. Die Urbanisierung führt dabei nicht nur in den Städten, sondern auch in den ländlichen Regionen zu einer

Neugestaltung des Lebensraumes. Bisher nicht oder kaum besiedelte Regionen werden als Lebensraum aber auch für Produktionsstätten ausgebaut.

5. **Globalisierung**

Ressourcen, Produkte und Informationen werden weltweit erzeugt und ausgetauscht. Die Vernetzung von Menschen, Unternehmen und Produkten führt zu einem hochkomplexen System: Es schafft nicht nur neue Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit, sondern stellt auch wachsende Anforderungen an die Logistik; (globale) Krisensituationen verdeutlichen diese hohen Anforderungen besonders. Parallel zu Staaten und Regulierern, die versuchen globale Prozesse auf nationaler Ebene zu kontrollieren, entsteht eine Generation Global, die den weltweiten Austausch von Daten und Waren weiter verstärkt.

6. **Nachhaltigkeit und Social Responsibility**

Klimawandel und globale ökologische Bedrohungen erhöhen die Bedeutung der Nachhaltigkeit. Sowohl strengere Umweltauflagen von Staaten, als auch die Nachfrage nach umweltschonenden Produkten und Logistikprozessen seitens der Endverbraucher setzen Unternehmen zunehmend unter Druck. Im Zuge einer ganzheitlichen Nachhaltigkeitsstrategie müssen Produktionstechnologien und die Logistik klimafreundlicher bzw. emissionsärmer werden. Gleichzeitig sind die Endverbraucher nur eingeschränkt bereit, höhere Preise zu bezahlen. Soziale Ungleichheiten und Spannungen erfordern zudem, dass Unternehmen ihre gesellschaftliche Verantwortung übernehmen.

7. **Mobilität**

Die Mobilität befindet sich vor dem nächsten Evolutionsschritt. Der wachsende Bedarf an flexiblen und schnellen Transportmöglichkeiten bringt eine Vielfalt verschiedener Mobilitätsformen hervor. Vernetzt, geteilt und ohne CO₂-Belastung – die Mobilität von morgen wird durch technische Innovationen neue Formen der Fortbewegung für Menschen und Waren ermöglichen müssen.

8. **Datensicherheit und -eigentum**

Prozesse, Maschinen und Produkte werden immer stärker vernetzt und erzeugen immer mehr Daten. Hier verhalten sich Endverbraucher ambivalent: Fordern sie einerseits einen maximalen Schutz ihrer Daten und Informationen, geben sie andererseits sehr persönliche Informationen in sozialen Netzwerken freiwillig preis. Datengetriebene Geschäftsmodelle und die Effizienzsteigerung erhöhen für Unternehmen den Anreiz, systematisch Daten zu sammeln und personengruppen-spezifisch auszuwerten. Dateneigentum und die Rechte für Datenverarbeitung und -interpretation sind zu klären.

9. **Servitization**

Die Nachfrage verändert sich, gleichzeitig erweitert die Digitalisierung die Produktpalette und fügt neue Funktionen hinzu: Stand früher das physische Produkt im Kundenfokus, steigt der Dienstleistungsanteil am Produkt. Es entstehen neue Wirtschaftszweige und Geschäftsmodelle. Traditionelle Produktionsunternehmen müssen sich diesen Veränderungen anpassen, um ihre Kunden zu binden oder ihre Marktposition zu sichern. Diese sogenannte Servitization stellt eine zentrale Herausforderung für produzierende Unternehmen dar.

10. **Wissenskultur und Informationsgesellschaft**

Die wachsende Vernetzung und die Möglichkeit, jederzeit auf Informationen zugreifen zu können, verändert unsere Art mit Informationen umzugehen. Das globale Wissen wächst exponentiell und neue Formen des Austauschs und des kollaborativen Lernens entstehen. Wissen wird für jedermann zugänglich und damit

zum Allgemeingut. Dies erfordert neue Herangehensweisen, mit Wissen umzugehen und vor allem dieses aufwandsarm zu finden.

2.2 Themenschwerpunkte der Studie

Die beschriebenen Megatrends bestimmen die vier Themenschwerpunkte der vorliegenden Studie, auf deren Basis die detaillierte Analyse der Ergebnisse sowie die abschließende Ableitung von Handlungsempfehlungen beruhen.

Technologie (Produktions- und IT-Technologie)

Durch die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung müssen aktuelle Technologien angepasst und weiterentwickelt werden. Der Themenschwerpunkt Technologie betrachtet deshalb Trends und Potentiale aktueller und zukünftiger Technologien. Die Umfragen identifizieren aussichtsreiche Technologien und deren Auswirkungen auf die Supply Chain. Dabei fokussiert sich die Studie nicht nur auf künftige Fertigungsverfahren, sondern auch auf softwaregestützte Dienstleistungen, neuartige Transportmittel, Fahrzeugkonzepte und auf den Leitgedanken der „Uberisierung“, also der Annahme, dass die Teilung von Ressourcen (z. B. Transportmittel) ganzheitlich betrachtet für die Wirtschaft und Umwelt besser ist, als der individuelle Besitz.

Value Adding (Markterweiternde Zusatzleistungen)

Ein weiterer Studienschwerpunkt ist das Thema des Value Adding. Die Integration von Sensoren in Produkten und der massive Einsatz von IoT bei Verkehrsmitteln und Ladungsträgern ermöglichen es, die Wertschöpfung rund um das Produkt selbst oder die Logistikprozesse zu erweitern und zu verbessern. Der Schwerpunkt Value Adding blickt dabei insbesondere auf Value Added Services, die über das bisherige Leistungsspektrum der Unternehmen hinausgehen. Darüber hinaus wird die Wertschöpfung auf dem Transportweg näher betrachtet, die eine Parallelisierung der Produktions- und Montageprozesse mit dem Transportprozess ermöglicht.

Control Tower (Zentrale Kollaborationsstelle)

Der Themenschwerpunkt Control Tower behandelt die Herausforderungen und Möglichkeiten, die sich aus der zunehmenden Erzeugung, Verarbeitung und Nutzung von Daten und Informationen ergeben. Für weitere Effizienzsteigerungen könnte eine Möglichkeit der Supply Chain der Zukunft eine zentrale Planungsinstanz (Control Tower) sein. Diese könnte übergreifend und vor allem neutral den Fluss und Austausch von relevanten Daten regeln. Unter Berücksichtigung der unternehmerischen Eigeninteressen wäre das Ziel des Control Towers, ein Gesamtoptimum der Supply Chain durch den Austausch relevanter Informationen zu ermöglichen.

Grüne Logistik (Ökologische Nachhaltigkeit)

Nachhaltigkeit ist ein weiterer wichtiger Einflussfaktor künftiger Supply Chains. Strengere Umweltauflagen und wachsende Kundenanforderungen an umweltfreundliche Produktions- und Logistikprozesse erzeugen große Anpassungsbedarfe. Es ist sowohl eine Nachhaltigkeitsstrategie für die Vorwärts- als auch für die Rückwärtslogistik zu erarbeiten, um einen größeren Beitrag zum Umweltschutz zu leisten.

3 Ergebnisse

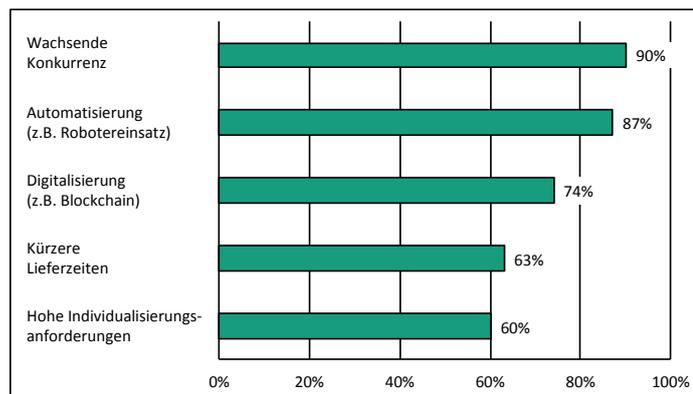
Die Studienergebnisse sind zweigeteilt: Der **allgemeine Teil** beschreibt Entwicklungstrends und Herausforderungen im Supply Chain Management. Der **detaillierte Teil** erläutert Veränderungen der Supply Chain in Bezug auf die vier Kategorien Technologie, Value Adding, Control Tower und grüne Logistik.

3.1 Allgemeiner Teil

Ausgangspunkt der Studie bilden zum einen die Herausforderungen einer zukünftigen Supply Chain sowie auch erkennbare und erwartete Entwicklungstrends im Bereich der Variantenvielfalt. Ebenso betrachtet wird das etwaige Konsumentenverhalten in der Zukunft.

Abbildung 6 zeigt die größten Herausforderungen der Supply Chain in den nächsten 5 Jahren. Wachsende Konkurrenz durch neue Akteure sowie die Automatisierung der Prozesse sehen die befragten Unternehmen als größte Herausforderungen.

Wo sehen Sie die größten Herausforderungen für Ihr Unternehmen in Bezug auf die Supply Chain in den nächsten 5 Jahren?



Gültige Fälle: n=138; Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl gültigen Fälle

Abbildung 6: Herausforderungen in der Supply Chain

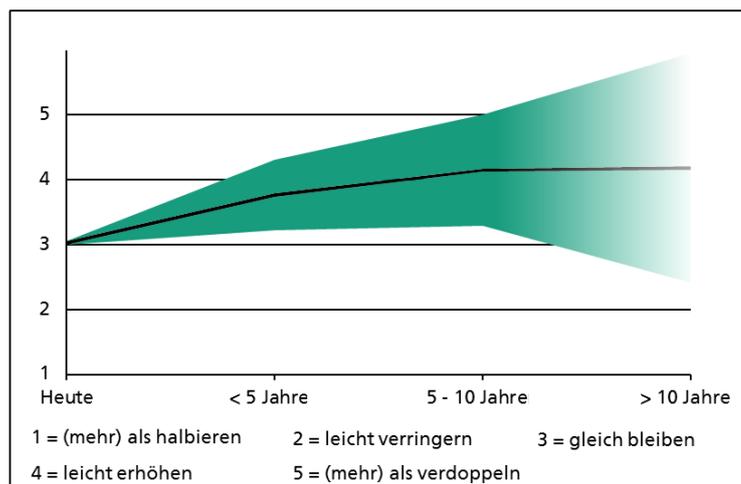
Die Unternehmen stehen vor tiefgreifenden Veränderungen: Nicht nur neue Konzepte, wie z. B. eine digitalisierte Produktion oder die Digitalisierung ihrer eigenen Produkte, sondern auch neue Akteure (z. B. Startups) bedrohen etablierte OEMs, ihre Zulieferer und das Logistikgewerbe nachhaltig. In der Automobilbranche kommen im Kontext von neuen Konzepten wie z. B. autonomes Fahren, alternative Antriebe oder serviceorientierte Geschäftsmodelle neue Wettbewerber auf den Markt. Tesla oder Google treiben hier z. B. stark den Wandel voran [9].

Trotz vieler Leitanbieter mit großer Strahlkraft scheuen gerade klein- und mittelständische Unternehmen Investitionen in neue Technologien zur Erhöhung ihres Automatisierungsgrades. Hemmnisse stellen u. a. hoher Einführungsaufwand und der nicht quantitativ bewertbare Nutzen dar, vgl. hierzu [9,10]. Damals nannten lediglich

6 % der befragten Unternehmen konkrete Digitalisierungsaktivitäten. 18 % standen mit den ersten Konzepten und Maßnahmen erst ganz am Anfang und die Mehrheit von 76 % zeigte eine abwartende Haltung und unternahm erstmal nichts. [3,8]

Der Einsatz neuer Technologien (z. B. additive Fertigungsverfahren) sowie die Digitalisierung werden häufig als Werkzeuge für den Umgang mit sowohl steigender Komplexität in den Wertschöpfungsnetzwerken als auch für die Variantenvielfalt der Produkte (Mass Personalization) gesehen. Die befragten Unternehmen schätzen den Einfluss der Produktvarianten hoch ein. Schließlich verändern Endproduktvarianten sowohl die eingebauten Baugruppen als auch Komponenten und haben damit einen direkten Einfluss auf die Lieferkette. Gründe für den Aufbau von Produktvarianten sind z. B. individueller werdende Kundenwünsche, Abgrenzung im Markt oder auch das Ansprechen verschiedener Käufergruppen [11]. Moderner eCommerce im Internet und Onlinekonfiguratoren treiben den Bedarf nach individueller Variantenvielfalt zusätzlich an. Für die Planung und Steuerung der Supply Chain sind im Wesentlichen die Anzahl der Produktvarianten, die Anzahl der Lieferanten als auch die geforderten Lieferzeiten und -fenster relevant. **Abbildung 7** zeigt die erwartete Entwicklung der Variantenvielfalt. Die befragten Unternehmensvertreter erwarten in den kommenden 5-10 Jahren einen Zuwachs der angebotenen Produktvarianten.

Wie wird sich die Anzahl der Produktvarianten voraussichtlich entwickeln?



Fläche bezieht sich auf das Toleranzfeld mit einer Stichprobenvarianz ($P \sim 68\%$)

Abbildung 7: Entwicklung der Variantenvielfalt

Eine zunehmende Variantenvielfalt muss allerdings die Komplexität entlang der Supply Chain nicht zwangsläufig erhöhen. Modularisierung und Produktkonfiguration sowie Individualisierung durch Software und gekoppelte Servicedienstleistungen sind beispielhafte Möglichkeiten, wie die Komplexität beherrschbar werden kann. Tendenzen für diese Funktionserweiterung bzw. Zusammenlegung mehrerer Geräte zu einem gibt es schon heute: Ein einfaches Beispiel aus dem Consumer-Bereich stellt das Smartphone dar: Dieses verbindet heutzutage bereits im gewissen Umfang Telefon, Kamera, Computer und Bezahlfunktionen (z. B. Apple-Pay) miteinander. Diese Entwicklung wäre auch im B2B-Geschäft denkbar.

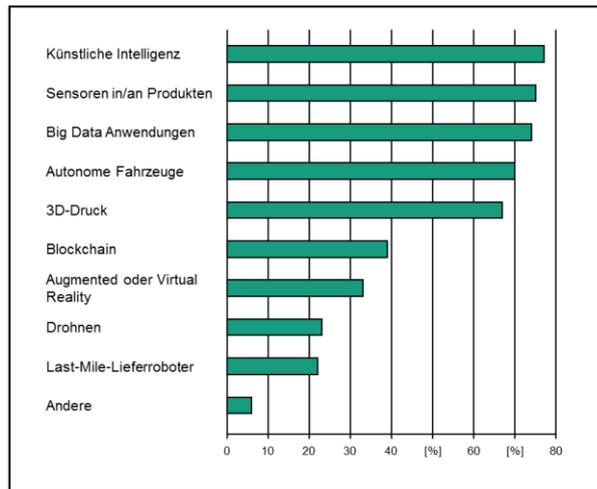
3.2 Detaillierter Teil

Dieser Abschnitt detailliert die erkennbaren und erwarteten Entwicklungstrends im Supply Chain Management. Die Folgeabschnitte beschreiben die Entwicklungstrends in den Bereichen: Technologie (Abs. 3.2.1), Value Adding (Abs. 3.2.2), Control Tower (Abs.3.2.3) und grüne Logistik (Abs. 3.2.4).

3.2.1 Technologie

Die Globalisierung verursacht einen Anstieg des weltweiten Transportaufkommens. Grund dafür sind einerseits der wachsende Bedarf nach Konsum- und Individualgütern (u. a. entstehen neue Konsumentenmärkte z. B. Indien und Afrika). Andererseits versuchen Unternehmen durch eine globale Beschaffung ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und Kosten einzusparen. 65 % der Befragten sehen dies als einen wesentlichen Grund für eine komplexer werdende Supply Chain. 30 % der Befragten sind allerdings der Meinung, dass additive Fertigungsverfahren und eine stärkere Individualisierung die Anzahl der zu transportierenden Güter und Zulieferteile in den kommenden Jahren reduziert. Bis dahin ist allerdings mit einem steigenden Transportaufkommen zu rechnen. Es bedarf moderner Technologien und einer digitalen Supply Chain, um die Kunden- und Effizienzanforderungen weiterhin erfüllen zu können. Für eine intelligente und umfassend digitalisierte Supply Chain stehen zukünftig viele moderne Technologiekonzepte zur Verfügung. **Abbildung 8** gibt einen Überblick über die erwarteten Verbesserungschancen der Logistikleistung durch ihren Einsatz.

In welchen Technologien sehen Sie die größten Chancen für eine Verbesserung der Logistik in 2040?



Mehrfachnennung möglich
Gültige Fälle: n= 143; Gesamtanzahl der Nennungen: 480
Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl gültigen Fälle

Abbildung 8: Chancen der Logistikverbesserung

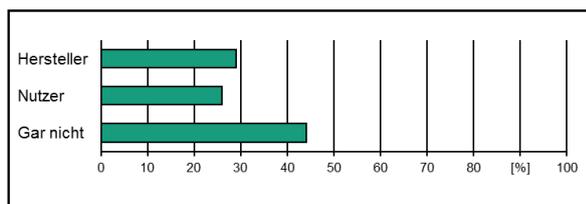
Fünf Technologien sehen die Befragten als größte Enabler zur Logistikverbesserung. Mit 77 % sehen die Befragten die Nutzung der künstlichen Intelligenz als größte Chance zur Verbesserung ihrer Logistik. Kerntechnologien der künstlichen Intelligenz stellen u. a. Maschine Learning, Deep Learning und Predictive Analytics dar. Algorithmen des maschinellen Lernens sind in der Lage, große, vielfältige Datensätze schnell zu analysieren, um z. B. die Genauigkeit der Nachfrageprognose zu verbessern oder Anomalien in der Fertigungsgenauigkeit festzustellen. Auch reduzierte Frachtkosten und eine

bessere Lieferperformance sind Vorteile, die das maschinelle Lernen in kollaborativen Supply Chain Netzwerken bietet. Um künstliche Intelligenzen nutzen zu können, sind große Datenmengen in ausreichend hoher Qualität erforderlich. Big-Data Anwendungen ermöglichen u. a. eine bessere Ausschöpfung von Synergien und damit gleichzeitig eine Erhöhung der Planungsinformationsbasis. Auch die Vermeidung von Leerfahrten und eine dynamische Routenoptimierung in Echtzeit lassen sich erzielen (beispielsweise unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage, der am Markt vorherrschenden aktuellen Kostenstrukturen oder veränderten Liefersequenzen). Allerdings wird dies erst durch die Zuschaltung von Drittdaten möglich, die die Planungsdatenbasis anreichern und verbessern. Eine weitere Ausbaustufe im Bereich künstlicher Intelligenz stellen selbstlernende Algorithmen dar: Diese lernen aus ihren positiven und negativen Entscheidungen und erhöhen so ihre Vorhersage- bzw. Entscheidungsqualität.

75 % der Befragten sehen auch bei der Sensorik an/in Produkten eine große Chance zur Optimierung der Supply Chain. Die Identifizierung und Lokalisierung der Güter sowie die Aufnahme von Umwelteinflüssen sind hier mögliche Anwendungsbereiche: Entlang der gesamten Lieferkette können Unternehmen den Warenfluss in Echtzeit überwachen und Sensoren erkennen das Ausmaß von Erschütterungen, Feuchtigkeit oder Temperaturschwankungen. Big Data Analysen erkennen dann Muster in der Datenveränderung, identifizieren korrelierende Entwicklungen zu anderen Geräten/Ereignissen und geben somit eine Hilfestellung, um auf Störungen/Abweichungen entsprechend zu reagieren.

Sowohl dem autonomen Fahren als auch den unmittelbar vor- und nachgelagerten Logistikprozessen (z. B. Be- und Entladung von Vans oder LKWs, entweder unterstützt durch Exoskelette oder gänzlich autonom per Roboter) wird in der Zukunft eine hohe Bedeutung zugesprochen. In all diesen Fällen wird Personal bei ihrer täglichen Arbeit rund um ein Fahrzeug im gewerblichen Verkehr immer mehr unterstützt oder teilweise sogar gänzlich abgelöst. Diese Technologien bergen ein erhebliches Veränderungspotential für die Supply Chain. Ihre Mehrheit befindet sich noch in der Entwicklungsphase und hat dementsprechend aktuell eine geringe Relevanz in der Praxis. Die Ausgestaltung der Nutzungsbedingungen ist Gegenstand zahlreicher Forschungsprojekte.

Eine Schlüsseltechnologie der Zukunft wird das autonome Fahren sein. Inwieweit beschäftigt sich Ihr Unternehmen mit diesem Thema?



Gültige Fälle: n=95; Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl gültigen Fälle

Abbildung 9: Beteiligung autonomes Fahren

Abbildung 9 gibt einen Überblick über den derzeitigen Beschäftigungsstand der befragten Unternehmen mit dem autonomen Fahren. 29 % der befragten Unternehmen sehen sich als Hersteller von Komponenten in Bezug auf das autonome Fahren. 44 % der Befragten beschäftigen sich derzeit gar nicht mit dem Thema autonomes Fahren. Als Gründe hierfür wurden u. a. der derzeitige Umsetzungsstand sowie die hohen Entwicklungskosten genannt. Der erwartete Anteil an autonomen Fahrzeugen in

20 Jahren zeigt kein eindeutiges Bild seitens der Befragten, **Abbildung 10**. Lediglich für die Luftfahrttechnik besteht Einigkeit. Hier erwarten mehr als die Hälfte der befragten Teilnehmer keine autonomen Flugzeuge in 20 Jahren. Allerdings sollen Drohnen – die heutzutage eher nicht mit dem Bereich Luftfahrt assoziiert werden – den autonomen Transport in der Luft revolutionieren. Der größte Anteil autonomer Fahrzeuge wird im Bereich der Bahn erwartet; es niedriger stellt sich der Anteil bei LKWs und Vans dar. Der Durchdringungsgrad weicht jedoch stark voneinander ab. Manche Teilnehmer glauben an einen Anteil > 90 %, andere schätzen diese auf 0 % ein.

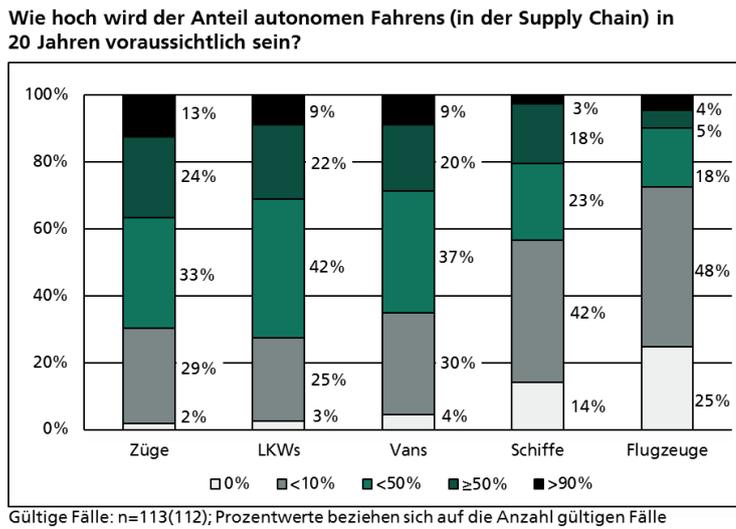


Abbildung 10: Anteil autonomer Fahrzeuge in 20 Jahren

Unter Autoherstellern ist die Zuversicht am größten. Elon Musk hatte bereits im Jahr 2016 angekündigt, dass autonome Tesla Fahrzeuge bis Ende 2017 quer durch die USA fahren würden. Dies ist bis heute nicht Realität geworden. Hingegen absolvierte Mercedes erste Schritte mit seiner S-Klasse erfolgreich; sie fuhr 100 km autonom von Mannheim nach Pforzheim. Audi pilotiert in den USA und Volvo in Göteborg. Trotz erster Erfolge ist die Unsicherheit im Bereich des autonomen Fahrens groß. Ein Grund hierfür ist bspw. mangelndes Vertrauen in die Sicherheit, so z. B. die Angst vor Fehlentscheidungen des Autos oder vor Cyber Angriffen auf das IT-System. Auf der anderen Seite zeigen Studien, dass menschliches Versagen wie Müdigkeit, eingeschränkte Fahrtüchtigkeit oder Ablenkung deutlich reduziert werden könnten [12]. Es ist schwierig zu sagen, wann autonomes Fahren Alltag auf unseren Straßen wird. Betrachten wir allerdings die ersten Auswertungen zu autonomen Testfahrten von Apple wird deutlich, dass autonome Fahrzeuge noch lange nicht praxistauglich sind. Es ist immer noch auffällig oft menschliches Eingreifen erforderlich. So wurden zwischen April 2017 und November 2018 rund 76.500 „Disengagements“ gezählt – also Situationen, in denen der Mensch eingreifen musste, beispielsweise durch einen Griff ans Lenkrad. Nichtsdestotrotz bieten autonome Fahrzeuge, insbesondere LKWs, große Potentiale [12]. Eine Automatisierung nicht nur der LKW-Fahrt, sondern auch der vor- bzw. nachgelagerten Logistikschritte wie Be- und Entladung (z. B. mittels One-Shot-Loading Technologien) oder der Akkutausch eröffnet deutlich größere Effizienzgewinne. Unter

OneShot Loading versteht man die Beladung eines LKW oder Vans in einem Zug mit Waren durch Nutzung eines vorgepackten „Innenlebens“.

These:

Autonom gestaltete vor- und nachgelagerten Logistikprozesse erhöhen die Effizienz autonomer LKWs. Insbesondere Autonomes Beladen per OneShot-Loading und die anschließende autonome Entladung am Zielort erhöhen die Autonomie.

Der Einsatz weiterer Technologien wie das Platooning verstärken dies. Dabei werden mehrere LKWs zu einem Verbund digital gekoppelt, was die Sicherheit steigert und der Energieverbrauch senkt [13].

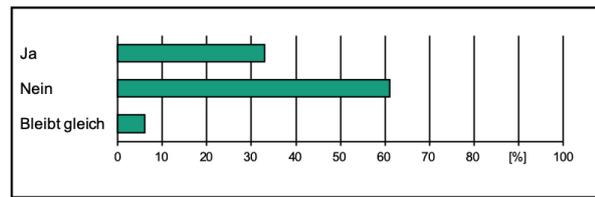
Additive Fertigungsverfahren bewirken große Veränderungen: Zwar wird sich der 3D Drucker für zu Hause nur langsam durchsetzen, doch als Dienstleistung, insbesondere im B2B-Bereich, besitzt die Technologie schon heute großes Potential. 3D Drucker ermöglichen ein individuelles Design von Produkten von zu Hause aus. Das fertige Produkt, vorher zu Hause gestaltet und geplant, wird anschließend in einem lokalen Printshop hergestellt. Auch können leistungsfähige, additive Fertigungsanlagen große Läger von Ersatzteilsortimenten oder ihren Luftfrachtversand vermeiden. Fast jedes Teil kann entweder selbst oder durch einen Dienstleister nachgedruckt werden. Schon heute lassen sich schwere Bauteile, als Beispiel wichtige Ersatzteile bei der Deutschen Bahn mit knapp 20 kg Gewicht, mittels 3D Druck herstellen [14]. Die „vierte“ Dimension wird den 3D Druck dabei nochmal revolutionieren: Dieser 4D Druck programmiert Materialien so, dass sich Veränderungen von Stoffen z. B. nach der Zuführung von Gasen realisieren lassen. So kann die Ladungssicherung durch Füllmaterial, dass bei Gaszufuhr Leerräume zwischen den Transportgütern und dem -behälter optimal ausfüllt, wesentlich vereinfacht und verbessert werden. Transporte werden sicherer, schneller oder entfallen durch 3D bzw. 4D Druck ganz. Bei einem verbreiteten Einsatz entfallen Großteile heutiger Warenflüsse vollständig. Anstatt von Halbfertig- und Fertigteilen werden in Zukunft lediglich Grundstoffe für die additiven Fertigungsverfahren plus die entsprechenden Konstruktions-/ Druckdaten transportiert. Parallel hierzu wird eine neue Druckbranche entstehen, die auch den Handel mit Daten und vor allem die nachgelagerte Bearbeitung der Druckerzeugnisse umfassen wird.

These:

Mit 3D Druck lässt sich in Zukunft mehrfach Umsatz generieren und somit der Gewinn deutlich steigern:

- Plattform für Rohdaten von Produkten
- Patente auf Rohdaten vermarkten
- Füllmaterial transportieren
- 3D / 4D Druck Dienstleistungen anbieten
- gedruckte Produkte nacharbeiten
- gedruckte Produkte transportieren

Neue Technologien und veränderte Umweltrestriktionen beeinflussen auch die Supply Chain Durchlaufzeiten, **Abbildung 11**. Die Befragten waren allerdings hinsichtlich ihrer Wirkung geteilter Meinung: 1/3 der Befragten erwarten zukünftig längere Durchlaufzeiten und sehen dafür insbesondere wachsende Umweltschutzstandards und Handels- bzw. Umwelthemmnisse als Haupttreiber.

Glauben Sie, dass sich die Durchlaufzeiten in der Supply Chain in der Zukunft verlängern werden?

Gültige Fälle: n=110; Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl gültigen Fälle

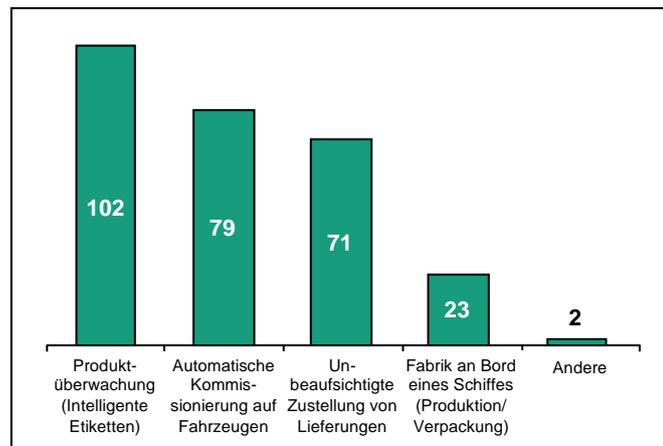
Abbildung 11: Entwicklung der Supply Chain Durchlaufzeiten

Auch die Einbindung weiterer Lieferanten in die komplexen Zulieferernetzwerke sowie die Produktindividualisierung verlängern die Durchlaufzeiten. Dahingegen erwarten 61 % der Befragten weltweit schnellere Informations- und Warenflüsse durch Digitalisierung und Automatisierung. Auch reagieren flexiblere Transportprozesse auf Störungen besser und können Waren jeder Zeit zustellen. Nach wie vor gilt der Wettbewerbsdruck als Haupttreiber für eine Durchlaufzeitverkürzung.

3.2.2 Value Adding

Technische Innovationen in der Kommunikations- und Informationsverarbeitung, permanenter organisatorischer Wandel, die Internationalisierung und Digitalisierung von Geschäftsmodellen und -prozessen führen zu einer neuen Wettbewerbslandschaft und lassen vermuten, dass der Logistik auch zukünftig eine strategische Schlüsselposition als unternehmensspezifischer Wertschöpfungsfaktor zukommt [15]. Die Logistik gilt zukünftig weniger als reiner Kostenverursacher, sondern als Differenzierungsmöglichkeit gegenüber dem Wettbewerb. Bei dem Begriff „Value Adding“ denkt man zunächst an Veredelung von Produkten im Zuge des Wertschöpfungsprozesses. Aber auch für Logistikdienstleister sind durch Supply Chain Management Value Added Services möglich. Hierbei geht es nicht um die Wertsteigerung des eigentlichen physischen Produktes, sondern darum, dem Kunden einen zusätzlichen Nutzen anzubieten oder das Kosten-Nutzen-Verhältnis entlang der Supply Chain zu verbessern. Dies erhöht zum einen die Kundenzufriedenheit und zum anderen die Kundenbindung. Viele Erweiterungen der Logistikdienstleistungen sind nicht neu: Die Wertschöpfungsmöglichkeiten reichen heute z. B. über die Konfiguration von Kits für den E-Commerce bis hin zum Hinzufügen von Coupons oder Broschüren in Pakete. Auch die Lieferantenreduzierung durch Übernahme von vor- und nachgelagerten Prozessen durch Logistikdienstleister ist bekannt. Die Produktion bzw. Montage während des Transportprozesses wird seit vielen Jahren diskutiert, hat sich aber bis heute nicht nennenswert durchgesetzt. Demgegenüber erscheint die Produktüberwachung mit Hilfe von Sensorik in und an Produkten in der Supply Chain im Jahr 2040 deutlich plausibler, vgl. **Abbildung 12**. Echtzeitnahes Tracking von Produkten und Prozessen sowie die integrierte Zustandsüberwachung (z. B. Temperatur, Gase, Erschütterungen) sind weitere denkbare Einsatzgebiete.

Welche der folgenden Value-Adding Lösungen werden bis 2040 allgemein Anwendung finden?



Gültige Fälle: n=114, Mehrfachnennungen möglich

Abbildung 12: Anwendungsbereiche des Value Adding

Auch für den Handel birgt eine sensorgestützte Produktüberwachung Potentiale unter den Aspekten Echtzeitnähe (bspw. zur Überwachung von Reifeprozessen) und Datenumfang (bspw. Full-time-Überwachung der Kühlkette). Diese sichern sowohl Produktqualität (und reduzieren dadurch den Ausschuss) als auch Dokumentationsprozesse. Die gewonnenen Daten aus der Produkt- und Prozessüberwachung sind darüber hinaus zur Planung und Steuerung einsetzbar; befragte Experten formulierten die These einer Mindesthaltbarkeitsdatum-gesteuerten Logistik: Die Produkte (z. B. Lebensmittel oder Pharmazeutika) bestimmen – an vorher definierten Merkmalen – eigenständig ihre Flussgeschwindigkeit in der Supply Chain. Ein solcher Supply Chain Ansatz benötigt nicht nur Produktsensoren sondern verändert Prozesse und IT-Systeme deutlich. Für Lebensmittel ist auch eine dynamische Preisbildung abhängig vom Produktzustand denkbar; IoT-Chips in/am Produkt ermöglichen solche Ideen. Eine Ausweitung auf andere Produkte mit vergleichbaren Haltbarkeitsthemen wie bspw. Futtermittel liegt nahe.

Ein weiterer Aspekt im Bereich Value Adding stellt die Erhöhung der Sicherheit dar. Hierzu zählen zum einen beeinflussbare Bedrohungen (wie Lieferantenausfälle, Fehlleistungen) als auch nicht beeinflussbare Bedrohungen (wie Naturkatastrophen, Umwelteinflüsse) [16]. Auch Diebstähle von Warenlieferungen bedrohen die Unternehmen. Allein im Jahr 2016 wurden Waren im Wert von 1,3 Milliarden Euro aus LKWs in Deutschland gestohlen [17]. Die Verwendung von IoT- oder GPS-Daten bietet dem Kunden z. B. eine Real-Time Warenverfolgbarkeit bis hinunter auf Packstückebene über die gesamte Supply Chain und reduziert gleichzeitig das Diebstahlrisiko. Darüber hinaus sind auch zusätzliche Versicherungen durch den Logistikdienstleister denkbar, die etwaige Störungen z. B. im Prozess finanziell absichern. Prämien könnten basierend auf den Zuständen und der Position/Route von Gütern dynamisch ermittelt werden.

Das automatische Kommissionieren von Waren für Auslieferungen stellt eine weitere Möglichkeit im Bereich des Value Adding dar. Denkbare Anwendungsfälle wären z. B. automatische Palettierung, Depalettierung und Behälterstapelung sowie -entstapelung. Dies verringert sowohl Durchlaufzeiten als verkürzt als auch Kommissionierfehler. Logistikmitarbeiter werden von schweren aber auch teilweise monotonen Arbeiten

befreit und können sich somit anderen höherwertigeren Aufgaben widmen. Auch die unbeaufsichtigte Zustellung von Waren ist denkbar, z. B. mittels Drohnen oder Lieferrobotern. Logistikunternehmen können dynamisch Abladeorte anbieten und somit eine höhere Zustellrate dem Kunden ermöglichen.

Forschung und Praxis diskutieren eine Parallelisierung von Produktion bzw. Montage und Transportprozess (z. B. auf Zügen oder auf Containerschiffen) schon seit den 1990er Jahren. Die Länge der Transportstrecke bestimmt hierbei die Potenzial zur Lieferzeitverkürzung. Außerdem setzt es interne Produktionskapazitäten für andere Zwecke frei. Die Befragten sehen die praktische Umsetzung eher skeptisch: Zum einen ist es unklar, welche Sicherheitsanforderungen hierfür erforderlich wären, zum anderen sind die notwendigen Anforderungen an die Stabilität während des Transportprozesses nur schwer erreichbar. Eine weitere Schwierigkeit ist das häufige Ungleichgewicht der Transportströme (sog. Unpaarigkeit). Eine Möglichkeit im Bereich der Last-Mile-Verkehre und damit im klassischen Rundlauftransportbereich erscheint vielversprechend: Hier könnten Roboter die finale Paketierung und Beilage von Flyern, Rechnungsdokumenten etc. im Paket-Van übernehmen.

3.2.3 Control Tower

Die effiziente Steuerung der gesamten zukünftigen Warenströme birgt die größte Herausforderung: Die Durchlaufzeiten in den Supply Chains müssen sich weiter verkürzen, was nur durch konsequente Effizienzsteigerung und Vermeidung von Datenbrüchen zu realisieren ist. Der Blick muss sich hierfür auf die gesamte Supply Chain richten und nicht nur auf einzelne Prozesse oder Akteure; Datenteilung und Unternehmens- bzw. Prozessvernetzung unterstützen dies. Die wachsende Bedeutung von Daten und deren Analyse stärkt digitale Dienstleistungen (Software, Algorithmen oder Datenprodukte). Der Handel mit Services und Daten erscheint oftmals bereits heute lukrativer als die physische Produktion und Warenverteilung, der Vergleich der Aktienkurse von Produktionsunternehmen und Softwarehersteller belegt dies [18]. So erwarten die befragten Branchenexperten aus dem Speditionsgewerbe in Zukunft kaum mehr Gewinne mit dem reinen Transport physischer Güter.

Die reine Transportleistung, abgewickelt durch autonome Fahrzeuge und standardisierte Entladungsprozesse, wird also notwendige Bedingung für das Geschäft. Die Aufnahme aller relevanten Transportparameter, ihre Analyse, sowie die Weitergabe der Daten an Dritte (teilweise gegen Entgelt) entwickelt sich zum entscheidenden Wettbewerbsvorteil [19]. Weitere Herausforderungen: Die Vernetzung der globalen Handels- und Transportunternehmen wird künftig weiter steigen; das erschwert die Definition der notwendigen gemeinsamen Standards für den Datenaustausch. Unternehmen entwickeln sich zu komplexen Wertschöpfungsnetzwerken, die Informationen nicht nur zwischen zwei, sondern zwischen allen Instanzen austauschen. 72 % unserer Befragten sehen ebenfalls eine wachsende Komplexität und gaben u. a. folgende Gründe an:

- Entwicklungs- und Schwellenländer (z. B. Afrika) als weitere Supply Chain Akteure
- steigende Supply Chain Störungen aufgrund von Einflüssen der Politik und Umwelt
- höhere Resilienzanforderungen wegen globalisierter Produktions- und Liefernetze
- Erweiterung des Kunden- und Lieferantennetzwerks führt zu überproportionaler Zunahme der Akteure

- kürzere Produktlebenszyklen erhöhen die Transportmenge (wenn der Konsum den kürzeren Lebenszyklen auch folgt); sowohl in der Zustell- als auch Rückführlogistik

Ein weiterer Faktor ist die wachsende Komplexität der effizienten Steuerung der gesamten Lieferketten, v. a. mit Blick auf steigende Transportmengen bei sinkenden Durchlaufzeiten. So lief früher beispielsweise die Kommunikation und Transportorganisation mit der Spedition und ggf. einem Agenten ab. Heutzutage sind an jedem Transportvorgang diverse Akteure mit diversen IT Systemen beteiligt. Das erhöht Aufwand und Fehleranfälligkeit bei der Datenzustellung und -synchronisation deutlich.

Die zukünftigen Herausforderungen im Bereich digitaler Dienstleistungen und Datenteilung sind vielfältig und müssen vielen Akteure vernetzen. Das Potenzial einer zentralen Planungs- und Steuerungsinstanz ist deshalb so groß, da diese sowohl Anzahl als auch Varianten der Schnittstellen (im Vergleich zur direkten Verbindung) reduziert – also die Komplexität der Daten- und Prozesswelt unter verschiedenen Akteuren in der Supply Chain begrenzt. Dieser sogenannte Control Tower ist eine zentrale, unabhängige Plattform mit selbstoptimierenden Algorithmen, zur übergreifenden Regelung der Informationsflüsse und Austausch aller Daten, vgl. **Abbildung 13**.

Das Konzept entstand aus der Grundannahme der Studie: „Teilen (z. B. von Transportfahrzeugen) ist besser als diese selbst zu besitzen“. Während die Akteure in einem herkömmlichen Unternehmensnetzwerk die Informationen direkt austauschen,

Statement: „Ich bin der festen Meinung, dass es in Zukunft eine Aussage wie: „Dieses Produkt kostet 5.000,- Euro und es gehört Ihnen“ nicht mehr geben wird. Sharing, pay-per-x, dynamic financing & Co. sind die neuen Finanzierungsarten.“

ist die Endausbaustufe des Control Towers eine Topologie, in dem alle Daten mit einer 1:1 Verbindung zwischen dem Control Tower und jeweiligen Akteuren fließen. Das begeistert Theorie und Praxis, da so die altbekannte logistische Vision eines Gesamtoptimums aller Akteure innerhalb des Supply Chain Netzwerks (also die eigentliche Begründung für SCM) durch sicheren und effizienten Datenaustausch als übergeordnetes Ziel – zumindest theoretisch – denkbar ist.

Die befragten Experten aus dem Transport- und Logistikgewerbe sind sich dabei über die technischen Anforderungen an so einen Lösungsansatz einig: Es bedarf höchster Flexibilität in der IT-Architektur, um neue Partner zu integrieren und Prozesse reaktions-schnell anzupassen. Eine dezentrale Datenarchitektur z. B. mittels Blockchain-Technologie birgt dieses Potenzial und hätte außerdem den Vorteil minimaler Risiken bezüglich Datenmanipulation oder -diebstahl (nur so erscheint das notwendige Vertrauen zwischen den Partnern erreichbar) [20]. Potenziale sehen die Experten v.a. in einer Selbststeuerung und Selbstoptimierung (u. a. durch den Einsatz von Deep Learning). Die Lösung erscheint als „Plattform as a Service“ und demnach die Algorithmen/Funktionalitäten der Lösung als „Service as a Service“ sinnvoll. Wie angedeutet, muss der Control Tower neutral, unabhängig und transparent für die Beteiligten an der Transportkette sein, um die erforderliche Akzeptanz zu gewährleisten.

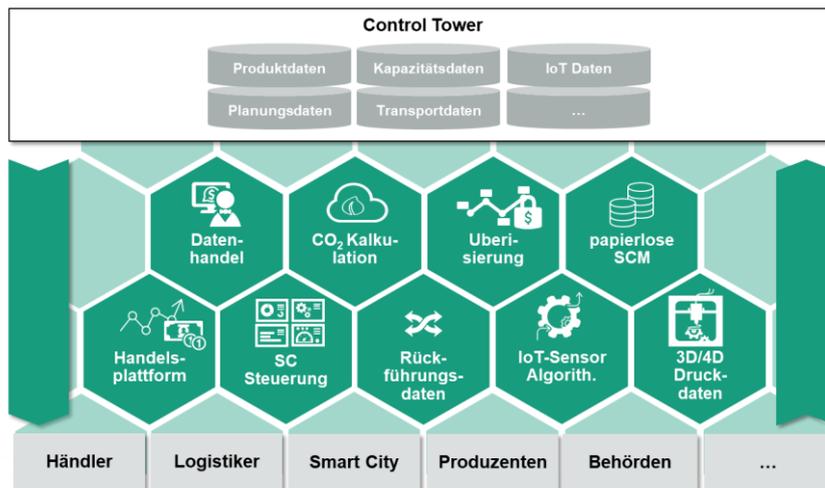


Abbildung 13: Vision des Control Tower

Den steigenden Bedarf solch einer Lösung zeigen aktuelle Trends der Uberisierung (Asset Sharing) bei B2C und C2C Anwendungen. Dabei wird ein Mehrwert durch die zentrale Datenaufnahme und das anschließende Verknüpfen der Informationen der einzelnen Akteure erzeugt [21]:

- Airbnb beispielsweise vereint Daten über verfügbare, private Unterkünfte mit dem Bedarf nach Übernachtungsmöglichkeiten.
- Uber als Mobilitätsdienstleister und Amazon als offene Handelsplattform für Groß- und Kleinanbieter sind weitere Beispiele.
- Mit Uberfreight oder Loadsmart kommen die ersten digitalen Lösungen für den Frachtbereich als ein Ableger aus dem B2C Geschäft auf den Markt.

Die Trends verdeutlichen die steigende Bedeutung des Teilens von Informationen und Ressourcen und damit der digitalen Plattformen [22].

Plattformbasierte Geschäftsmodelle erscheinen deshalb auch für die Logistikbranche plausibel und tragen u. a. zu einer Uberisierung im Transportbereich bei. Zwei Aspekte gelten als Haupttreiber: Einerseits die Vermeidung von Leertransporten, andererseits die Teilung von am Markt verfügbaren Fahrzeugen und Ladungsträgern, also die Maximierung der Ressourcennutzung [19].

Insbesondere der zweite Aspekt ist für die Zukunft wichtig. Hierbei gibt es zwei Ausbaustufen: Erstens das Teilen von am Markt verfügbaren Fahrzeugen in ihrer ursprünglichen Ausbauart (z. B. Trailer) und darauf aufbauend die Teilung und Nutzung von Fahrzeugen für mehrere Verwendungszwecke. Bei Letzterer wird ein Van oder LKW tagsüber als Auslieferungsfahrzeug für Pakete und nachts, durch ein ausgetauschtes „Innenleben“, als Lieferfahrzeug für z. B. Blumen genutzt. Autonome Transportplattformen bilden dieses Vorhaben in Zukunft deutlich flexibler ab, vgl. Abschnitt 3.2.1. 56 % der Befragten sehen künftig eine hohe Bedeutung von Brokerage Plattformen mit Angaben von freien Kapazitäten von LKWs und Vans inklusive sofortigen Preisangaben. Die Uberisierung hilft dem Gesamtnetzwerk der Unternehmen auch indirekt in dem sehr wichtigen Aspekt der Resilienz der Logistik. Dabei geht es um eine möglichst hohe Widerstandsfähigkeit des Netzwerks in schwierigen Situation (z. B. Naturkatastrophen, Epidemien oder Handelsembargos). Durch eine Teilung von Ressourcen kann man flexibel auf Angebot und Nachfrage reagieren und so seine eigenen Warenströme flexibler gestalten.

Die befragten Experten sind sich über die Strukturen von Unternehmen/ Lösungsanbietern in der Logistikwelt einig: Eine starke Marktmonopolisierung wird bei den Großunternehmen eintreten und bisher stark segmentierte Märkte (z. B. Speditionsbranchen im Straßengüterverkehr) werden sich auf wenige Großanbieter bündeln; ergänzt um kleine Spezialanbieter.

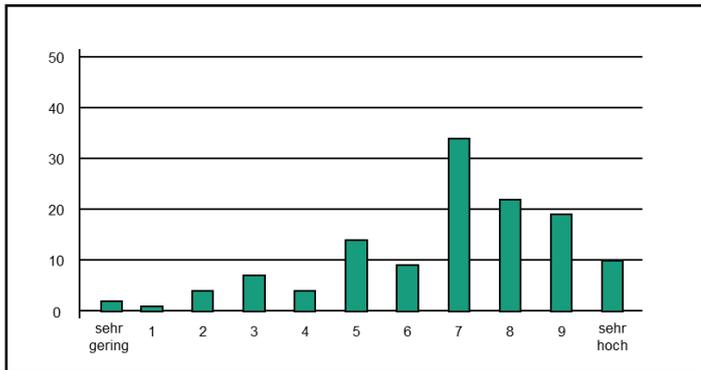
Die potenzielle Datenteilung (z. B. Planungs- und Prognosedaten) bildet einen weiteren Faktor für einen zentralen Control Tower: diese kann in der Supply Chain Steuerung einen großen Mehrwert für die Allgemeinheit erzeugen. Diesen Nutzensvorteil sehen auch 85 % unserer Studienteilnehmer. Allerdings ist die Bereitschaft, die eigenen Daten zu teilen, mit 73 % heute noch im Mittel deutlich geringer, wie auch andere Studien belegen, vgl hierzu ausführlich Luckert et.al [9]. Hauptaspekte für die Skepsis sind insbesondere die Angst um den Datenschutz, die Unkenntnis über den Wert der eigenen Daten und der Gedanke, Daten nur Zug um Zug zu tauschen, um subjektiv „Fairness“

These: Nahezu jedes Produkt, jeder Ladungsträger und jede Verpackung besitzt künftig Sensoren (zur Überwachung der Position, Feuchtigkeit, Erschütterungen usw.). Diese Sensoren werden Microcomputer sein. Primär das Produkt überwachen, sekundär Unmengen Daten produzieren. Vor allem die dynamisch mittels Algorithmen, KI usw. basierend auf diesen Daten abgeleiteten Folgehandlungen oder wiederum weiteren generierten Daten werden es sein, die es in den Griff zu bekommen gilt. Mittels noch mehr KI?

zu wahren. Diese Schwierigkeiten sind künftig zu überwinden, wenn eine gemeinsame Datenteilung Nutzen erzeugen soll: Zum einen ist die Planbarkeit z. B. der eigenen Produktion, Transportbedarfe, Lagerkapazitäten deutlich verbesserbar. Hieraus folgt auch der zweite Vorteil: Die Minimierung des Bullwhip Effektes. (Dieser beschreibt das Bestellverhalten einer Lieferkette mit unzureichender Abstimmung: Ändert die Kundenseite ihre Nachfrage, so passen die Lieferanten jeweils überproportional

ihre Bestellmengen bei der jeweils vorgelagerten Instanz an, um Lieferengpässe oder Überproduktion zu vermeiden. Je weiter man sich in der Supply Chain von den Endkunden über die Händler und Großhändler zu den Produzenten bewegt, desto größer wird die Schwankung.) Ebenso wichtig ist die Möglichkeit zur schnelleren Reaktionsfähigkeit bei ungeplanten Ereignissen und eine deutliche Verbesserung der Transparenz (z. B. Positionen von Gütern, Verfügbarkeit von Kapazitäten oder fälschungssichere Abrechnungen) in der Supply Chain werden erzielt- von aktuellen Positionen von Gütern, über Kapazitäten bis hin zu validen und fälschungssicheren Abrechnungsmodellen.

Die Beteiligten eines Control Towers kommen aus sämtlichen Bereichen der Supply Chain: Primär sind es Produzenten, Lieferanten sowie Logistik- /Transportunternehmen, sekundär sind es Behörden, Banken und Versicherungen, aber auch Steuerungseinheiten z. B. einer Smart City. Schon heute sind 75 % der Unternehmen der Meinung, dass eine künftige Effizienzsteigerung innerhalb der Lieferkette nur durch enge und partnerschaftliche Kooperationen mit Lieferanten und Kunden erreichbar ist [23].

Wie groß sehen Sie den Einfluss von länderbezogenen Regulierungen auf die globale Supply Chain?

Gültige Fälle: n=126; Für die Antwort konnte ein Slider von *sehr gering* bis *sehr hoch* in festen Schritten verschoben werden; Arithmetisches Mittel: 6,79

Abbildung 14: Einfluss länderbezogener Regulierungen

Der Control Tower könnte zur Verbesserung der Logistikleistung und damit zur Effizienz-Steigerung für alle Beteiligten folgende Aufgaben übernehmen:

- Funktion als zentraler Datenspeicher (85 % der befragten Experten sind sich sicher, dass in Zukunft (nahezu) u. a. jeder Ladungsträger, Verpackung mit einem oder mehreren Sensoren ausgestattet ist.)
- Orchestrierung und Unterstützung bei weltweiten Supply Chains der länderbezogenen Regularien. Die befragten Experten erwarten, dass regionale / länderbezogene Regularien einen hohen bis sehr hohen Einfluss auf globale Supply Chains haben (vgl. **Abbildung 14**)
- Plattform für den Austausch/Handel von Daten für die Steuerung additiver Fertigung (z. B. 3D- oder 4D-Druck)
- Anbieterübergreifende Orchestrierung und Optimierung der letzten Meile
- Uberisierung für Transportmittel, Ladungsträger usw.
- Nutzung von KI für eine individuelle oder ganzheitliche Optimierung der Kapazitätsauslastung, z. B. durch Algorithmen gestützte Verteilung von Sendungen auf einzelne Fahrzeuge
- Allgemeine Steuerung und Optimierung von Supply Chains (z. B. Routen, Lieferkorridore/ -slots an der Laderampe)
- Klassisches Daten- und Dokumentenhandling inkl. sekundärer Funktionen wie Archivierung, automatische Dokumentenerstellung oder die Fehleranalyse in Dokumenten (z. B. automatische Vertragsdokumentenauswertung oder -kontrolle).
- Ermittlung und Allokation von Emissionswerten
- Vorhaltung und Angebot von relevanten Daten zu jedem Produkt/Bauteil für die Auswahl der Rückführungsmethode
- Steuerung der Rückführungslogistik z. B. mittels einer Plattform (vgl. hierzu ausführlich Abschnitt 3.2.4.) Deshalb sollte jeder Nutzer des Control Towers seine Daten in möglichst hoher Qualität bereitstellen. Als technisch beste Lösung erscheint eine weitgehend automatische Datenerhebung. Quellen für die Daten können dabei u. a. Sensoren an/in Behältern, Produkten, Transportmitteln sein oder die automatische Bereitstellung von Transportdaten und -kapazitäten, Produktdaten, Emissionsdaten aus den entsprechenden Planungs- oder ERP-Systemen.

Interessanterweise erwarten viele Experten den Kunden selbst als entscheidenden Erfolgsfaktor einer solchen Lösung. Mit einer kundenspezifischen Bestellung sind nun viel mehr spezifische Kundendaten auf einer Plattform verfügbar als heute. Damit könnten die Kunden- und Bestelldaten über mehr Lieferstufen der Plattform durchgängig weitergegeben werden. Ebenso wird die Bestellung im Laufe ihrer Bearbeitung mit Daten angereichert oder bestehende Daten werden aktualisiert. Doch je weniger der Endkunde aufgrund von Datenschutzbedenken in die Speicherung und Verarbeitung seiner Daten einwilligt, desto geringer ist der Hebel eines ganzheitlichen Ansatzes bzw. einer Optimierung der Supply Chain.

Die Bedenken der Kunden begrenzen die Erreichbarkeit der übergeordneten Supply Chain Potenziale. Die wichtigsten Ziele in einer ganzheitlich optimierten Supply Chain sind u. a. die finanziellen und physischen Risiken für alle Beteiligten zu minimieren, die Genauigkeit der Vorhersagen (Predictions) zu steigern und automatische und sich selbstoptimierende Handlungsempfehlungen (Prescriptions) zu platzieren. Um diese Ziele zu erfüllen, stellen sich auch in Zukunft ähnliche Fragen, wie schon heutzutage bei Vorhaben des Aufbaus von Kollaborationsplattformen.

- Wer könnte eine solche Plattform neutral und vertrauenswürdig betreiben?
- Werden sich Allianzen bilden, die stark genug im Markt sind, um eine solche zentrale Plattform im Anfangsstadium zu finanzieren und im Markt zu etablieren?
- Wer ist die treibende, respektive bestimmende, Partei zwecks Definition fairen Allokationsalgorithmen (bspw. für Transportkapazitäten)?
- Wer bestimmt die Zuweisung von Fahrzeugen im Asset Sharing Modus?
- Wie sehen Verrechnungsmodelle für Gebühren aus und wie ein faires Nutzungs- und Entgeltkonzept?
- Welche Argumente überzeugen die Konsumenten, möglichst viele qualitativ hochwertige Daten zu teilen, damit eine solche weitgehende Optimierung funktioniert?

3.2.4 Grüne Logistik

Für die oben dargestellten Ideen der zukünftigen Logistik gilt überwiegend die gemeinsame Prämisse: Die Logistik muss deutlich umweltfreundlicher werden. Dies fordern nicht nur die Politik, Umweltverbände und Endverbraucher, sondern auch die Unternehmen schreiben sich selbst Nachhaltigkeitsziele auf die Agenda. In 2040 erwarten wir eine deutlich umweltfreundlichere, aber nicht gänzlich emissionsfreie Logistik. Folgende Entwicklungen erhöhen die Transportvolumina: Zukünftig werden immer mehr Güter um die Welt transportiert, dies erhöht nicht nur das Transportvolumen, sondern auch die Anzahl der beteiligten Akteure. Dies steigert tendenziell umweltschädliche Leertransporte und Umlagerungsprozesse, genauso wie der zunächst positive Trend zum Materialrecycling (Kreislaufwirtschaft). Dies erfordert wahrscheinlich mehr Transportfahrzeuge – auch wenn zunehmend emissionsärmer produziert und angetrieben sind. Zusätzlich erscheinen kerosin- bzw. schwerölfreie Flugzeuge und Containerschiffe innerhalb der nächsten 20 Jahren unrealistisch.

Ein Weg, um in Zukunft mit Emissionen erfolgreich umzugehen, besteht aus den folgenden drei Schritten:

Ergebnisse

1. Emissionen für Transport und Produkte kennen und ausweisen
2. Bauteile / Komponenten oder einzelne Rohstoffe wiederverwenden
3. Emissionen kompensieren oder reduzieren

1. Emissionen für Transport und Produkte kennen und ausweisen:

Die Kunden zeigen in Zukunft immer mehr Bereitschaft, für eine grüne und nachhaltige Supply Chain zu bezahlen [24]. Ebenso ist ein Preisaufschlag für nachhaltig produzierte und transportierte Produkte denkbar. Die befragten Experten sehen zukünftig eine große Herausforderung darin, von dem „greenwashing“ bzw. der „Marketingnachhaltigkeit“ wegzukommen. Ein Beispiel hierfür stellt die Schifffahrt dar. Diese hat offiziell die Fahrgeschwindigkeit reduziert, um weniger Schweröl zu verbrauchen und damit umweltfreundlicher transportieren zu können. Am Ende war es überwiegend eine rein ökonomische Entscheidung der Unternehmen, um ihren Gewinn zu steigern. Mehrwert erkennen und zu monetarisieren wird nur funktionieren, wenn Emissionen möglichst genau ermittelt und dem Kunden transparent dargestellt werden.

Blickwinkel Endkunde:

Für Endkunden sollte in Zukunft eine Auswahlmöglichkeit beim Produktkauf nicht nur nach Preis und Qualität, sondern auch nach Emissionswerten bestehen. Ziel ist es, an jedem Produkt die verursachte Emissionsmenge auszuweisen. Dies betrifft nicht nur WebShops, sondern auch Supermärkte und Wochenmärkte – idealerweise dynamisch berechnet. Denn je länger ein Produkt z. B. im Kühlregal liegt, desto mehr Emissionen verursacht es auf Grund der benötigten Kühlung. Potenzielle Rückführungsemissionen des Produktes könnten zusätzlich proaktiv eingerechnet werden. Die Befragungsergebnisse verdeutlichen die Kundenforderungen der Ausweisung von Emissionen und die Wahlmöglichkeit für grüne Logistik. Ob bzw. in welchem Umfang die Kunden am Ende wirklich bereit sind dafür zu bezahlen, ist jedoch fraglich.

These: Kosten für grüne Transporte werden in Zukunft leider weiterhin in keinem guten Verhältnis zu klassischen Transportmodi stehen. Grüne Logistik erscheint deswegen zwar immer populärer; allerdings dominieren leider immer noch Marketingargument zur Vermarktung.

Statement: „Ich wäre bereit einen höheren Preis für eine grüne Logistik zu bezahlen. Dafür erwarte ich aber, dass es wirklich grün ist – über die gesamte Supply Chain hinweg! Am wichtigsten ist mir die Transparenz und die möchte ich über ein Portal einsehen können.“

Blickwinkel Unternehmen:

Unternehmen werden höhere Umweltstandards einhalten müssen. Die Experten erwarten Pönalen für Unternehmen bei der Überschreitung von Emissionsobergrenzen. Darüber hinaus muss die Ausweisung von Emissionen je Produkt für den Kunden nachvollziehbar und transparent sein [25]. Allokationsregeln bei der Ermittlung von Emissionswerten sind fair und nachvollziehbar zu definieren. Ein weiterer denkbarer Ansatz wäre der Aufbau eines Bonus-Malus

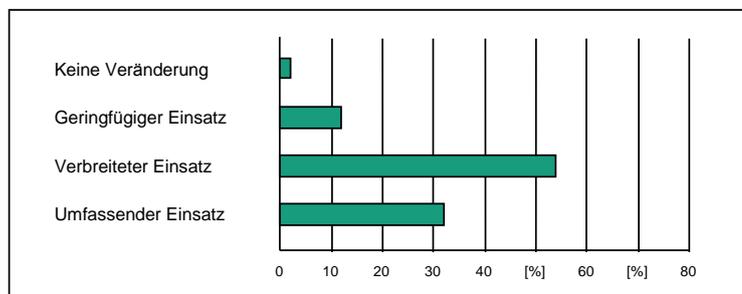
Systems, z. B. Kompensationen in Umweltschutzprojekte von Unternehmen mit überproportional hohen Emissionen und z. B. Steuervergünstigungen für umweltfreundliche Transport- oder Produktionsunternehmen. Offen bleibt, wer (Deutschland, EU) dies regulatorisch übergreifend definiert und insbesondere durchsetzt.

Wie bereits erwähnt, wird ein Haupttrend in Zukunft die Flexibilität (in Logistiknetzwerken, als Reaktion auf Kundenwünsche oder in IT Architekturen) sein. Eine Ausprägung im Sinne der grünen Logistik ist für Kunden u. a. die alternative Transportwahl. Grundsätzlich gilt heute schon: je schneller der Transport erfolgen soll, desto schädlicher ist dies für die Umwelt.

2. Bauteile / Komponenten oder einzelne Rohstoffe wiederverwenden

Die Rückführungslogistik (Kreislaufwirtschaft) bildet einen der Hauptbestandteile grüner Logistik. **Abbildung 15** zeigt: Rund ein Drittel der befragten Experten erwarten in 2040 einen umfassenden Einsatz der Rückführungslogistik (demnach bei nahezu jedem Unternehmen) und nahezu jedes Produkt wiederverwendet / recycelt werden kann. 54 % der Befragten hingegen sind der Meinung, dass ein verbreiteter Einsatz der Rückführungslogistik in 2040 stattfinden wird.

Wie sehr werden sich Unternehmen im Jahr 2040 auf die Rückführungslogistik konzentrieren?



Gültige Fälle: n=114; Prozentwerte beziehen sich auf die Anzahl gültigen Fälle

Abbildung 15: Einsatz der Rückführungslogistik

Das Ziel der Kreislaufwirtschaft ist der nachhaltige und effiziente Umgang mit Ressourcen. Treibende Kräfte hierfür sind die Gesetzgebung, die unternehmerische Verantwortung sowie die wirtschaftlichen Nutzenpotentiale. In Anlehnung an Braun und Thierry et. al. [26] lassen sich folgende Aufbereitungsoptionen unterscheiden:

- **Direkte Wiederverwendung:** Ohne größeren Aufarbeitungsaufwand können Kundenbedarfe gedeckt bzw. gebrauchte Produkte wiederverwendet werden.
- **Wiederaufbereitung** (Refurbishment): Rückfließende Güter werden in der Produktion aufgearbeitet.
- **Wiederaufarbeitung** (Remanufacturing): Baugruppen und Komponenten werden für die Wiederverwendung aufgearbeitet.
- **Komponentengewinnung:** Eine begrenzte Menge wiederverwendbarer Teile wird aufgearbeitet, um als Ersatzteile eingesetzt zu werden.
- **Rohmaterialgewinnung:** Materialien aus gebrauchten Produkten oder Komponenten werden für die Wiederverwendung aufgearbeitet.

3. Emissionen kompensieren oder reduzieren

Jede auch noch so geringe Emissionsreduktion hilft dem Umweltschutz. Zur lokalen Emissionsvermeidung gibt es heute schon zahlreiche Ansätze: so z. B. nutzen Containerschiffe während der Liegezeiten in Seehäfen teilweise Landstrom, Paket-Vans werden stellenweise mit Strom angetrieben oder die Paketzustellung erfolgt per (Elektro-) Lastenfahrrad. IoT, Kollaborationsplattformen und weitere Mechanismen aus dem

Bereich Logistik 4.0 bewirken zwar keine direkte Emissionsreduzierung, aber solche Lösungen können Einsparungen unterstützen oder eine Antwort auf z. B. heutige Berechnungs- oder Allokationsprobleme liefern.

Ein erster Ansatz hierzu ist die bereits in Abschn. 3.2.2 beschriebene Uberisierung, d. h. das Anbieten und Teilen von Ressourcen. Uber oder Airbnb haben es bereits im B2C-Bereich erfolgreich umgesetzt; die Transport- und Logistikunternehmen könnten es in Zukunft nachahmen. Ziel ist dabei freie Ressourcen auf dem Markt anzubieten und so z. B. freie Kapazitäten durch Beiladung/Ressourcenteilung auszunutzen.

Eine zukünftige echtzeitnahe Transparenz über die Verfügbarkeit von Produkten (Art, Menge, Ort) wäre ein weiterer Ansatz Emissionen, z. B. durch Transportbündelungsmöglichkeiten, einzusparen. Die befragten Experten sehen einen Trend zu regionalen Lagern / Hubs. Vorteile hierdurch sind zum einen die deutlich kürzeren Lieferzeiten zum Kunden und zum anderen die Möglichkeit, Waren per emissionsgünstigen Robotern, Drohnen oder Elektrofahrzeugen direkt zum Kunden zu liefern [1]. Die Nutzung von Skaleneffekten wird sich auf langer Strecke durch größere Fahrzeuge realisieren lassen. Ziel wäre, zu jedem Produkt in Zukunft die Verfügbarkeit in WebShops mit ortsnahen

Statement: „Die Elektromobilität revolutioniert den Personen- und Güterverkehr. Allerdings ein heute vernachlässigter Faktor: Die gesamte Infrastruktur zum Laden der Akkus als auch die Verwertung nicht mehr benötigter Akkus. Ich bezweifle stark, dass in naher Zukunft genug Ladesäulen und vor allem genug Strom zur Verfügung steht. Hier fehlt es leider noch an Investitionen und intelligenten Konzepten im Bereich SmartCity.“

Lagern, die Bestände von stationären Geschäften oder gar das Know-how über die Verfügbarkeit von gleichen oder ähnlichen Produkten in gebrauchter verfügbarer Form zu kennen.

Kunden wählen in Zukunft nicht nur Produkte gemäß Qualität, Preis und Lieferzeit aus, sondern auch nach Umweltfreundlichkeit. Ob nun von einem stationären Geschäft oder einem unterirdischen Hub: Die effizien-

teste Variante der Emissionseinsparung ist die Vermeidung unnötiger Wege. Um dies zu erreichen, könnte z. B. das Paket nur dann auf der letzten Meile in die Auslieferung gehen, wenn der Empfänger auch wirklich angetroffen wird. Dazu werden Funktionen wie Teilung von Kalenderdaten und GPS-Position vom Smartphone gebündelt. Etablierte nachhaltige und vertrauensvolle Konzepte für Datenschutz und -teilung sind Voraussetzung.

4 Handlungsempfehlungen

Ausgehend von den aufgezeigten Trends in der Supply Chain für das Jahr 2040 sind folgend die wichtigsten Handlungsempfehlungen anhand von sechs Kategorien für das produzierende Gewerbe und die Logistik-Branche aufgezeigt, **Abbildung 16**:



Abbildung 16: Übersicht Handlungsempfehlungen

Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen relativ abstrakt gehalten, um eine möglichst hohe Anwendbarkeit für das produzierende Gewerbe und die Logistikbranche zu gewährleisten.

4.1 Geschwindigkeit in der Supply Chain

Die Kunden fordern kürzere Durchlaufzeiten in der Supply Chain. Dies kann u. a. durch eine effizientere Ausnutzung von Verkehrsträgern, durch effizientere Parallelisierung von Prozessen (z. B. parallele Zustellung von Paketen durch Drohnen und Lieferroboter im Gegensatz zu einem 1:1 Verhältnis von Paketzusteller und Van) oder durch neue Methoden (z. B. genauere Bedarfsprognoseberechnung) bis zu einem gewissen Grad erfüllbar sein [27]. Die notwendige Ausnutzung von Skaleneffekte löst eine gegenläufige Entwicklung aus. Viele kleine Schiffe, die öfters von Asien nach Europa fahren, haben einen viel schnelleren Fluss der Waren aufgrund geringerer Wartezeiten. Insbesondere wird es in Zukunft vielmehr die IT und nicht die Physik sein, die die Geschwindigkeit der Supply Chain erhöhen wird (z. B. durch Prozessbeschleunigungen auf Basis künstlicher Intelligenz oder Nutzung von Drittdaten). Im Gegenzug zur geforderten Geschwindigkeit in der Supply Chain stehen Natur- und Politikeinflüsse. Handelsembargos und über Grenzen hinweg abweichende Standards, z. B. im Zollwesen, beeinträchtigen die Geschwindigkeit an zahlreichen Stellen. Ebenso beeinträchtigen z. B. Naturgewalten wie Regenfälle, Trockenzeit und Erdbeben die Nutzbarkeit von Verkehrswegen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Handlungsempfehlungen für das produzierende Gewerbe und die Logistikbranche für die oben aufgeführten Herausforderungen.

Tabelle 1: Handlungsempfehlungen zu Geschwindigkeit in der Supply Chain

Produzierendes Gewerbe	Logistikbranche
Bi-artige Netzwerke	
<p>Für produzierende Unternehmen gilt es, eine möglichst hohe Ausfallsicherheit, die sogenannte Resilienz, herzustellen. Denkbar sind dabei Konstrukte wie eine Produktion von Bauteilen an zwei unterschiedlichen Orten (falls kostenmäßig/prozessual darstellbar) oder der Bezug von Rohstoffen und Bauteilen von zwei unterschiedlichen Lieferanten. Ebenso ist eine Zusammenarbeit mit mindestens zwei unterschiedlichen Logistikunternehmen denkbar. Diese Varianten sind heute bereits üblich. In Zukunft wird die Herausforderung darin liegen, solche bi-artigen Netzwerke möglichst schnell und effizient auf- und abzubauen. Quasi plug-and-play Lösungen gilt es zu definieren, um eine Zuverlässigkeit trotz Unwägbarkeiten zu gewährleisten. Das oberste Ziel dabei ist die Widerstandsfähigkeit von Logistiknetzwerken in schwierigen Zeiten (Naturkatastrophen, Handelsembargos, Shutdowns wegen Epidemien etc.) zu sichern und die Krise ohne gravierende Beanstandungen zu überstehen.</p>	<p>In der Logistik gilt es parallele Netzwerke zur Abmilderung der Ausfallwahrscheinlichkeit aufzubauen (z. B. Containertransport über See von Asien nach Deutschland vs. Transport über die Seidenstraße oder das Angebot zur Auslieferung von Paketen mit zwei Verkehrsmitteln – Drohne oder Lastenfahrrad). Logistikunternehmen müssen beide Lösungen bedienen, leistungsfähige Algorithmen sollen die Transportalternative dynamisch wählen. Neben dem Informationsaustausch der direkten Steuerungs- und Ausführungsbeteiligten sind hier auch indirekt Beteiligte zu berücksichtigen, bspw. bei transportrouten-abhängigen Versicherungen.</p>
Autonome Infrastruktur	
<p>Eine mögliche Erhöhung der Effizienz durch den Einsatz autonomer LKW/ Vans erfordert eine unternehmensspezifische Anpassung der technischen Infrastruktur. Technologien wie OneShot-Loading sowie automatische Akkuladeprozesse bergen ein hohes Einsparpotential [13]. Dies gilt sowohl für die Verladeprozesse an der Rampe von Produktionsunternehmen als auch bei 3PL Logistikern. Technologien wie OneShot-Loading in Kombination mit autonomer Entladung werden u. a. auch in Innenstadtlagen eine Rolle spielen und sollten in SmartCity-Konzepte integriert werden.</p>	
Wirkung in strategischen Allianzen	
<p>Um die Erfüllung von Lieferverträgen, z. B. im Falle von politischen oder umwelttechnischen Störungen, zu gewährleisten, bietet sich die Bildung von Allianzen an. Ein Aufbau von solchen Allianzen hilft nicht nur, Ressourcen zu teilen, sondern sich in herausfordernden Situationen gegenseitig zu unterstützen.</p>	<p>In der Logistik sind Allianzen in der Luft- oder Seefracht heute üblich, aber auch im Straßenverkehr. Verbesserungspotenziale sind (nach wie vor): Teilung und Offenlegung von Kapazitäten, Standardisierung von Daten sowie Flexibilisierung von Prozessen[28].</p>

Additive Fertigung

Eine additive Fertigung kann schnell auf veränderte Rahmenbedingungen reagieren. Sinnvolle Einsatzgebiete können hier z. B. der Druck von Ersatzteilen oder Mustern sein: Design von Produkten, die per 3D/4D Druck herstellbar sind, um bspw. im Fall von Ersatzteilbedarfen durch den Druck vor Ort den Transport zu reduzieren, wie beispielsweise in der Luftfahrtindustrie [29]. Dies erhöht einerseits die Geschwindigkeit im Bereich der Produktversorgung. Andererseits verändert es globale zu lokalen Lieferketten (vorausgesetzt, die Informationen fließen weiter): Dann wirken Einschränkungen von Politik (Zölle, Handelsquoten, ...) oder Natur (z. B. geschlossene See- oder Flughäfen) weniger.

Handlungsempfehlungen

4.2 Planungsgenauigkeit und Vorhersagemechanismen

Höhere Kundenanforderungen sowie politische und umwelttechnische Rahmenbedingungen erhöhen die Supply Chain Komplexität. Bessere Planungsprognosen und ein echtzeitnahes Wissen über die Position von Gütern oder Transporten entlang der Supply Chain tragen zu Transparenz und damit zu einer schnelleren Reaktionsfähigkeit im Entscheidungsfall bei.

Nicht nur die aktuelle Situation in der Supply Chain muss bekannt sein, sondern auch eine Vorhersage über die zukünftige Entwicklung (Prediction). Der in Zukunft wichtigste Mehrwert wird aber die (automatische) Empfehlung sein, was als nächstes zu tun ist (Prescription).

Tabelle 2 zeigt die wichtigsten Handlungsempfehlungen zur Planungsgenauigkeit auf.

Tabelle 2: Handlungsempfehlungen "Planungsgenauigkeit und Vorhersagemechanismen"

Produzierendes Gewerbe	Logistikbranche
Teilung von Plandaten	
<p>Der Austausch und eine echtzeitnahe Aktualisierung von Plandaten hilft der gesamten Supply Chain bei der Optimierung. Dabei sollte der Datenaustausch gleichermaßen zwischen produzierenden Unternehmen, Händlern als auch Logistikdienstleistern erfolgen.</p> <p>Ein erster Austausch von Plandaten entlang der Supply Chain (vom Rohmateriallieferanten, über den Modulproduzenten bis zum Maschinenbauer etc.) findet heute schon statt. Bis zu einem end-to-end Austausch von Daten, ggf. sogar mit Einbeziehung von sekundären Prozessen wie Finanzierung oder Versicherung, ist es noch ein sehr langer Weg. In Zukunft muss der Austausch vollumfänglicher und automatischer geschehen:</p> <ul style="list-style-type: none">- IoT-gestützte echtzeitnahe Datenübertragung anstatt manueller Übertragung- Nicht nur in der primären Kette (Produzenten), sondern ebenso in der sekundären Kette mit Partnern (Logistiker, Banken, Personaldienstleister usw.)- Teilweise auch per Algorithmus vorermittelte Daten (z. B. basierend auf Markttrends, Wettertrends und aus Vergangenheitswerten ermittelt), auch schon dann, wenn sie im eigenen ERP-System noch gar nicht als feste Planwerte festgeschrieben sind.	
Prescriptions	
<p>Tritt ein bestimmtes Ereignis ein, sind der nächste und alle weiteren Schritte neu zu planen. Sowohl in der Produktion als auch in der Supply Chain müssen</p>	

Algorithmen definiert werden, die den weiteren Verlauf bestimmen und daraus Empfehlungen (Prescriptions) ableiten. Die künftige Herausforderung besteht darin, das bekannte Prozedere (welche Prozesse sind wie betroffen, welche Stakeholder in der Supply Chain sind zu informieren) bei immer komplexeren Stakeholderstrukturen und einer steigenden Datenmenge mit einer deutlich höheren Präzision vorherzusagen.

Neben den klassischen Logistikereignissen (Kundenänderung, verspäteter LKW, Produktionsstörung) sind finanzielle Effekte (Inkrafttreten eines Handelsembargos, Veränderung von Wechselkursen) bis hin zum Auftreten von Epidemien zu berücksichtigen bzw. im Sinne eines Risikomanagements vorzudenken.

In Zukunft ist die Prognosefähigkeit (meist unterstützt durch Künstliche Intelligenz) zu verbessern. Hierbei bestimmt die Anforderung die Methodenauswahl; klassische und KI-basierte Methoden können parallel eingesetzt werden. Ein konsequentes Nachjustieren von Algorithmen und ein Change-Management zur Steigerung des Vertrauens in KI ist zu etablieren.

4.3 Flexibilität

Die Experten erwarten eine deutlich schnelllebigere und dynamischere Zukunft, insbesondere durch Übernahmen und Fusionen der Supply Chain Akteure. Kunden fordern sowohl Flexibilität in der Produktauswahl und Angebotsmenge, als auch Flexibilität bei der Wareneinstellung. Dies begünstigt Kooperationen mit anderen Unternehmen oder Plattformlösungen. Hierauf müssen sich die Unternehmen einstellen.

Tabelle 3 zeigt ausgewählte Handlungsempfehlungen übergreifend für produzierende Unternehmen sowie Logistikunternehmen im Bereich der Flexibilisierung. Diese reichen von einer flexiblen IT, über flexible Supply Chains bis hin zu flexiblen Unternehmensstrukturen mit Integration von Startups.

Tabelle 3: Handlungsempfehlungen Flexibilität

Produzierendes Gewerbe	Logistikbranche
Flexible IT Architekturen	
<p>Neue Technologien im IT-Bereich werden sich künftig schneller auf dem Markt etablieren. Bei steigender Innovationskraft der IT sinken die Produktlebenszyklen. Ebenso sind disruptive Startups mit schlaun Lösungen rund um Daten und Analytics Prozesse zu erwarten. Ein weiterer Aspekt wird die noch stärkere Beteiligung von Unternehmen beim Datenaustausch in diversen Plattformen sein. Für all dies ist die IT-Architektur, sowohl bei Systemen als auch bei Schnittstellen, in den Unternehmen serviceorientiert entlang von Geschäftsprozessen und flexibel für die Partneranbindung aufzubauen.</p>	
Flexible Supply Chains	
<p>Autonome Verkehrsmittel (Van, LKW, Drohnen und Lieferroboter) erhöhen die Flexibilität der Supply Chains für viele Akteure: Verkehrsmittel und Fahrer sind entkoppelt, viele Prozesse wie Akkuladung, Routenoptimierung oder Einfahrtskontrollen in Werksgelände und sogar Bezahlmöglichkeiten werden nahezu komplett automatisiert. Ebenso werden durch Drohnen und Lieferroboter die Transporte besser dem richtigen Liefermedium zugewiesen. Versender und</p>	

Logistiker müssen in Zukunft ihre physischen und IT-technischen Prozesse auf die autonome Transportform anpassen.

Gleichzeitig gehören zu flexiblen Supply Chains auch kürzere Vertragslaufzeiten von Versender und Transporteuren. Lange Vertragsbindungen verringern die Flexibilität bei Bedarf zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln aber auch zwischen verschiedenen Transportunternehmen zu wechseln. Für Spotmarkt-Plattformen scheint die Bedeutung zu steigen.

Flexible Supply Chains definieren sich in Zukunft aber auch durch flexiblen Einsatz von 3D / 4D Druck.

Flexibilität zur Integration neuer Logistikakteure

In Künftig reichern spezialisierte Unternehmen an zahlreichen Stellen die Supply Chain an (Dienstleistungen rund um 3D-Druckprozesse, Tradefinance-Anbieter zur Finanzierung von Handelsgeschäften oder IT-Unternehmen, die durch Datensammlung zahlreicher Akteure eine große Transparenz in der Supply Chain herstellen können). Logistiker und Produzenten sollten diese Services flexibel integrieren (können).

Interne Prozesse, Hierarchiestufen oder die Übermittlung von Arbeitsanweisungen müssen im Unternehmen möglichst flexibel gehalten sein. Das Ein- und Ausgliedern von Zusatzdienstleistungen solcher Akteure erfolgt nicht nur auf der IT-Seite (s. o. flexible IT-Architekturen), sondern ebenso auf der Prozessebene. Dies erhöht den Hebel von Change-Management und Spezialisten zur Anpassung von Prozessen. In Zukunft liegt die Herausforderung darin, die richtigen Trends und Innovationen zu erkennen und zu entscheiden, welchen dieser vermeintlich mehrwertstiftenden Akteure man an seine eigene Supply Chain anbindet. Hierzu sind – je Unternehmen – sehr individuelle Bewertungslogiken zu definieren.

4.4 Datenkultur

Die technischen Möglichkeiten ermöglichen und zwingen gleichzeitig die Unternehmen, sich in Zukunft viel stärker mit dem Thema Daten auseinanderzusetzen.

Dabei geht es nicht nur um eigene Daten, sondern auch um die Daten aus vor- und nachgelagerten Prozessen, um Handelsdaten und auch um Daten sekundärer Quellen, die den eigenen Unternehmenszweck zunächst nicht betreffen.

In Zukunft werden Daten nicht nur in sehr hohen Mengen entstehen, sondern auch aus sehr vielen unterschiedlichen Quellen zusammengeführt werden (müssen). Diese Datenmengen, oft auch sehr unstrukturierte Daten, gilt es in Zukunft handhabbar zu machen. Inwieweit dies den Entscheidungsanteil nach Bauchgefühl (Expertenintuition) beeinflusst, erscheint noch offen.

Wichtige Aspekte für eine optimierte Datenkultur in Unternehmen werden folgend in der **Tabelle 4** dargestellt.

Tabelle 4: Handlungsempfehlungen Datenkultur

Produzierendes Gewerbe	Logistikbranche
Datengetriebene Entscheidungen	
<p>Datengetriebene Entscheidungen bedürfen eines grundlegenden Vertrauens, welches aufgebaut und etabliert werden muss. Insbesondere in den nächsten Jahren werden datengetriebene Entscheidungen immer stärker Einzug halten in die täglichen Arbeitsprozesse. Entwickelte Algorithmen für Vorhersagen müssen valide und von hoher Qualität sein. Grundvoraussetzung bei allen Entscheidungen ist (nach wie vor) das Vorhandensein von qualitativ hochwertigen Daten, da es ansonsten fehlerhafte Entscheidungen resultieren.[30]</p> <p>Aufgrund der Datenmengen und deren komplexen Zusammenhängen wird es in Zukunft für Menschen teils nicht mehr möglich sein, valide nachzuvollziehen, ob die berechnete Prognose stimmt.</p> <p>Beispiel: Heutzutage wird die Route für Paketzustellungen bei einem KEP Unternehmen morgens zwar von einem System als Vorschlag ermittelt, der Fahrer kann diese aber trotzdem ignorieren und eigene Optimierungen vornehmen. In einer hoch-vernetzten Welt erscheint dies undenkbar. Die Systeme ermitteln im Hintergrund dynamisch basierend auf neuen Bestellungen laufend neue Treffpunkte zwecks Paketaustausch zwischen dem Paket-Van und Drohnen/Lieferrobotern in Echtzeit, unter Berücksichtigung von Verkehrsentwicklungen. Bspw. wäre wünschenswert, dass der Paket-Van erst gar nicht die Kundenfahrt antritt, wenn (über Auslesen seiner Kalender- und GPS-Daten) bekannt ist, dass er gar nicht zu Hause ist / sein wird.</p> <p>Das Vertrauen in diese System und Algorithmus gesteuerten Entscheidungen sollte über ein umfangreiches Change-Management langsam aber sicher in Unternehmen aufgebaut werden.</p>	
Servitization & Datenmonetarisierung	
<p>Das produzierende Gewerbe sollte sein Leistungsverständnis erweitern und sowohl an (gewinnbringend verkaufte) Produkte als auch an Daten denken (z. B. durch IoT Sensoren erzeugt).</p> <p>Ebenso ist denkbar, dass bestimmte Gerätefunktionen nur gegen Zahlung von Zusatzgebühren temporär zuschaltbar sind. Trifft dies künftig auf deutlich mehr Produkte zu, hat dies zwei Konsequenzen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Die Produktgestaltung ist auf Maximalfunktionen auszulegen, die über Software zu- und abschaltbar sind. 2. Die Kombinationsmöglichkeiten der Zusatzleistungen steigen wie auch ihre Berechnungsdynamik (Preis, Varianzen von Zusatzleistungen, ...), die Preisfindung erfolgt echtzeitnäher. <p>Folgende Fragestellungen sind relevant:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche Funktionen sind direkt und welche unter Zuhilfenahme von IoT 	<p>In der Logistikbranche liegt der Fokus heute auf der physischen Produkt- und Fahrzeugüberwachung, z. B. Zustand (Temperatur) oder die aktuelle Position.</p> <p>Aktuell gibt es bereits Systemlösungen, die eine Produkt- oder Fahrzeugüberwachung anbieten, teils aber noch in niedrigen Reifegraden. Meist ist heutzutage nur der LKW mit einem GPS-Sender ausgestattet. In Zukunft wird es auch der Trailer sein, der darauf befindliche Container, jede einzelne Palette im Container sowie der Karton auf der Palette.</p> <p>Die Verfügbarkeit von GPS-Sendern auf Paletten oder idealerweise auf Produktebene in einem akzeptablen Reifegrad ermöglicht u. a. eine präzisere Prozessplanung der Transportwege und Umschlagsprozesse. Zentral sind automatische Dokumentation von Gefahrenübergängen oder auch Wareneingangsbuchungen, die das</p>

Lösungen als Zusatzdienstleistungen verkaufbar?

- Welche Daten kann/ will ich monetarisieren und welche Daten benötige ich hierfür?
- Welche Daten helfen ungewollt dem Wettbewerb?
- Für welche Daten sind welche meiner Kunden bereit welche Summe zu bezahlen?

leidige Thema der Bewegungsdatenqualität signifikant verbessern (sollen). Wie auch im produzierenden Gewerbe gilt es in der Logistik zu klären – welche Daten kann ich zu welchem Wert an wen verkaufen?

Datenschutz

Der Datenschutz ist in Zukunft noch wichtiger für Unternehmen – nicht im bisherigen Kontext von Datendiebstahl oder illegaler Manipulation von Daten, sondern im Kontext des Schutzes von freiwillig an Dritte weitergegebenen Daten. Dabei gibt es einerseits den Fall, dass man Daten öffentlich zur Verfügung stellt. Ein Dritter kann diese Daten legal nutzen, diese mit anderen öffentlich zugänglichen Daten kombinieren und so ggf. zu Informationen kommen, die dem originären Unternehmen gefährlich werden könnten. Der andere Fall ist der Datenschutz von verkauften Daten: Wie wird sichergestellt, dass diese Daten nicht illegal weiterverkauft oder zu ungewünschten Zwecken missbraucht werden? In Zukunft wird es also nicht nur um den klassischen Datenschutz gehen, sondern auch um die Datensicherheit nach der Übergabe von Daten an andere.

Datenteilung entlang der Supply Chain

Produktions- und Handelsunternehmen sollten künftig den Datenaustausch mit Akteuren der vor- und nachgelagerten Prozesse als zentralen Wettbewerbsbaustein um Umsatzanteile und Marktdominanz beachten.

Ohne solch eine Datenteilung entstehen „Inselunternehmen“ mit hohen Datenhürden zu vor- und nachgelagerten Prozessen. Für diese Unternehmen erschwert sich der Marktzugang deutlich und diese müssten ihm durch andere Faktoren (z. B. überlegene Produktqualität) überkompensieren.

Eine mögliche Datenaustauschkette für ein durchgängiges Kundenerlebnis wäre z. B.: Zusammenarbeit eines Automobilbauers mit einem SmartHome-Lieferanten, mit einem Garagentorhersteller und einem Lieferanten regenerativer Energie. Heute wären solche Partnerschaften punktuell abgebildet. In Zukunft gilt es, solche Partnerschaften durch Datenaustausch zu vertiefen.

In der Logistik sind zwei Ströme der Datenteilung zu beachten:

- Proaktive Meldungen an die jeweils nächsten Prozessschritte in einer Lieferkette (z. B. dynamisch ermittelte Ankunftszeit eines LKWs am Seeterminal zur Ablieferung eines Seecontainers)
- Kapazitätsbedarfe von Transportleistungen, sowohl von der Produktions-/Handelsindustrie an die Logistiker als auch von den Logistikern an sekundäre Partner (Banken, Plattformanbieter, Versicherungen).

So müssen in Zukunft in der Logistik nicht nur die Partner in der primären Lieferkette zusammenarbeiten (Lager, Spedition, LKW-Fahrer, Terminal, Reeder), sondern auch viele weitere digitale Mittelsmänner. Unternehmen, die beispielsweise mittels Blockchain die Handelsfinanzierungen parallel zur physischen Logistikkette abbilden oder Unternehmen, die IoT- und GPS-Daten sämtlicher Geräte sammeln und gegen Geld weiterverkaufen.

In Zukunft gewinnt die Balance zwischen Informationszurückhaltung (nur intern) und Weitergabe an Dritte

(gewollt oder indirekt ungewollt) an Bedeutung. Die Bewertung der positiven oder negativen Effekte einer Datenfreigabe an Dritte erscheint künftig für Unternehmen deutlich komplexer, eine zentrale Bewertungsinstanz im Unternehmen erscheint sinnvoll.

4.5 Produktionstechniken

Neue Produktionstechniken verändern die Supply Chains. Nicht nur der weitverbreitete 3D Druck wird in zahlreichen Industrien im Einsatz sein, sondern ebenso der heute noch in der frühen Entwicklungsphase stehende 4D Druck. Neben dem Aspekt der Drucktechnik sind für Unternehmen ebenso die Chancen und Risiken rund um Prozesse des 3D/4D Drucks wichtig. Wie sich Produktionsbetriebe und Logistiker in Zukunft aufstellen sollten, zeigt **Tabelle 5**.

Tabelle 5: Handlungsempfehlungen Produktionstechniken

Produzierendes Gewerbe	Logistikbranche
3D und 4D Druck	
<p>Das produzierende Gewerbe sollte Bauteile auf eine möglichst hohe Druckfähigkeit im 3D-/4D-Druck ausrichten. Gelingt dies, vereinfacht dies die Logistikkette der Bauteilveredlung nach dem Druck. Dies gilt insbesondere für wichtige Ersatzteile (auf Schiffen oder für Maschinen).</p> <p>Ein wichtiger Aspekt für die Produzenten bzw. Eigentümer der Konstruktionszeichnungen sind Datenschutzkonzepte: Insbesondere beim 3D/4D Druck sollen diese Konzepte die Mehrfachverwendung der Druckdaten auf die vereinbarte Anzahl begrenzen, bspw. über Seriennummern.</p>	<p>Die Datenvorhaltung von zur Herstellung von Ersatzteilen wird die Vorhaltung von physischen Bauteilen ablösen. Das erfordert Datenübergabe- und -schutzkonzepte für eine Einmalverwendung.</p> <p>Neben der Umstellung der Wertschöpfungsprozesse bei Logistikern bedarf es ebenso einer Entwicklung eines Teils des Lagerwirtschaftsfachpersonals in Richtung von 3D-/4D-Druckexperten.</p>
Standardisierung im Bereich 3D und 4D Druck	
<p>Sowohl die Industrie als auch die Logistiker müssen sich zeitnah auf einen Standard rund um den 3D/4D Druck und entsprechende Prozesse einigen. Dabei geht es um Fragestellungen wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datenformate zur Druckauftragsübermittlung - Datenübergabe- / -schutzkonzepte für eine Einmal- / Mehrfachverwendung - Auftragsbeschreibung von Veredelungsprozessen - Spezifikation und Nachprüfung von definierter Produktqualität - Definition nachgelagerter Prozesse (z. B. einzelne Komponenten zusammenbauen, Komponenten austauschen) 	

Dezentrale Nutzung von Druckerzeugnissen

Zum Einbau der gedruckten Bauteile (durch Techniker oder als Service auch durch den Logistiker selbst) bedarf es oft speziellen Know-hows. Dies wird insbesondere herausfordernd, wenn die Bereitstellung der Ersatzteile vom Logistiker und nicht mehr wie heute vom Servicetechniker erfolgt. Eine Digitalisierung der Serviceprozesse könnte Wissensdefizite verringern. Die Abbildung von Bauteilaustauschprozessen in digitaler Form z. B. per Google-Glass mit konkreten audiovisuellen Hilfen oder Anweisungsvideos mit Schritt-für-Schritt Anleitungen sind hier Beispiele. [31]

Die Unternehmen sollten auch die hierdurch entstehenden Ertragsrisiken (Wegfall des Service) bewerten.

Dezentrale Einrichtungen zur Erzeugung von Druckerzeugnissen und deren Veredelung werden für Logistiker eine weitere lukrative Möglichkeit der Umsatzgenerierung sein. Erste Bestrebungen zeigen schon heute, dass Ersatzteile auf Flugzeugträgern oder Containerschiffen und nicht nur an Land gedruckt werden.

Digitaler Zwilling

Die Nutzung digitaler Zwillinge (für Maschinen und Prozesse) gewinnt weiter an Bedeutung: Hier liegt die Herausforderung beim Umgang und der Steuerung von interdisziplinären Zwillingen (Maschinenparks und gesamte Produktionsstätten statt einzelner Maschinen oder Maschinen in Verbindung mit Logistikprozessen). Beispielhafte Einsatzmöglichkeiten für digitale Zwillinge sind u. a. die Simulation von Schiffsmotoren und -getrieben (bei Reparaturbedarf kann schon im Voraus die Liegezeit am Kai im Hafen während der Containerbe- und -entladung entsprechend für eine Reparatur vorgeplant werden) oder die Simulation von Maschinenparks in einer Produktionshalle. Vorlaufende digitale Zwillinge können Hinweise für die Supply Chain Steuerung geben (z. B. Anlieferung von Materialien oder Bauteilen per LKW auf andere Produktionsstandorte umlenken oder der Teilebedarf via digitalem Kanban gesenkt werden). Beides Beispiele, in denen beim Ausfall einer Komponente die Folgeherausforderungen zur Aufrechterhaltung der Supply Chain sehr kompliziert sind.

4.6 Umweltschutz

Die zuvor dargestellten Handlungsempfehlungen sollten in allen Industrien primär oder sekundär den Umweltschutz unterstützen. Ebenso gibt es aber auch konkrete Handlungsempfehlungen, die Unternehmen in den kommenden Jahren in Bezug auf Umweltschutz umsetzen sollten. Die wichtigsten zeigt **Tabelle 6**.

Manche der oben aufgezeigten Handlungsempfehlungen verursachen Zielkonflikte, wenn man den Umweltaspekt mit betrachtet. Hier muss sich jedes Unternehmen in einer übergeordneten Unternehmensstrategie bezüglich der Prioritäten zwischen wirtschaftlichen und Umweltzielen positionieren.

Tabelle 6: Handlungsempfehlungen Umweltschutz

Produzierendes Gewerbe	Logistikbranche
Mehrwegverpackungen	
<p>Das produzierende Gewerbe sollte in Zukunft die Nutzung von Mehrwegverpackungen und damit die Vermeidung von Verpackungsabfall noch intensiver anstreben als heute – sowohl inner- als auch überbetrieblich. Hier eröffnet u. a. der 3D/4D Druck zahlreiche Möglichkeiten, Mehrwegbehälter schnell und kostengünstig herzustellen. Denkbar wäre der Einsatz eines Stahl-/Aluminiumkorpus, bei dem nur das individuelle Innenleben aus dem 3D/4D Drucker stammt.</p> <p>In Zukunft unterstützen IoT-Lösungen in jedem Behälter (Positionstracking, Analyse der Nutzungsdauer usw.) oder auch autonome Verkehrsmittel (Vans & LKWs, Lieferroboter und Drohnen), die für einen einfacheren Rundlauf sorgen können, diesen Trend.</p> <p>Die Logistiker könnten dabei entsprechend Prozesse und Services für Mehrwegverpackungen anbieten (vom Design der Mehrwegbox, über Bereitstellmodelle bis hin zu den Rundläufen).</p> <p>Ein weiterer Trend zur stärkeren Nutzung von Mehrwegverpackungen ist die Auslieferung von Paketen an Endkunden; letzterer müsste dann allerdings gleich entpacken und abnehmen. Gelingt dies ermöglichen einfache Rundläufe und Trackinglösungen eine Logistik rund um Mehrwegboxen, statt Einwegkartonagen. In allen Fällen kann der bisher aus Umweltschutzaspekten ungünstige Leertransport von Mehrwegverpackungen durch emissionsfreie Drohnen oder Lieferroboter erfolgen.</p> <p>Alternativ könnten auch Einwegverpackungen mit umweltfreundlichen Materialien interessant sein; dann entfällt der Rücktransport.</p>	
Umweltfreundlicher Transport	
<p>Insbesondere Produktionsunternehmen mit einem Direktversand sind künftig stärker mit der Nachfrage nach umweltfreundlichen Transporten und Lagerhaltung konfrontiert. Daraus resultiert z. B. für WebShops die Notwendigkeit, klassischen (ggf. günstigeren) als auch emissionsfreien (ggf. kostspieligeren und/oder langsameren) Transport den Kunden zur Auswahl anzubieten.</p>	<p>Der Transportbesteller sollte (dynamisch berechnete) Alternativen haben (z. B. der Transport von Shanghai nach Hamburg per Bahn, per Flugzeug oder Schiff – alles Transportmodi mit unterschiedlichen Emissions-, Kosten- und Transportdauerwerten). Ein Alternativangebot für die letzte Meile könnte dies anreichern: von der umweltfreundlichen Zustellung in der Innenstadt per Fahrrad bis zum Paketvan.</p>
CO₂ Ausweisung	
<p>Alle Supply Chain Beteiligten sollten CO₂ Emissionen in Zukunft genau ermitteln und valide ausweisen können. Kunden wählen ihr Produkt künftig nicht nur nach Preis und Produkt-/Servicequalität, sondern ebenso nach dem Umweltaspekt. CO₂ Angaben zum Produkt sollten Standard sein (in WebShops, am Preisetikett am Kühlregal im Supermarkt oder am Wochenmarktstand). Dynamisch ermittelt und idealerweise mit Einberechnung eines geschätzten Emissionswertes für eine zukünftige Rückführungslogistik des Produktes.</p>	
Rückführungslogistik	

Das produzierende Gewerbe sollte die Rückführungslogistik ihrer Produkte optimieren, z. B. durch eine künstlich erstellte und eingearbeitete DNA (Materialzusammensetzung oder konkrete Recyclinganweisung), die eine Auswahl der richtigen Rückführungsart unterstützt.

Produktherstellung aus recyclebaren Materialien sollte selbstverständlich sein. Ebenso wäre für zahlreiche Produzenten der Aufbau eines Zweitmarktes für gebrauchte Bauteile und Produkte denkbar.

Zur Rückführungslogistik wäre der Beitrag der Logistiker eher passiv: Sie bieten Mehrwertdienste bei der Bestimmung von Materialien oder der entsprechenden Trennung an oder umweltfreundliche Transporte und Lagerhaltung.

5 Zentrale Thesen

In der Logistik und Supply Chain greifen bis zum Jahr 2040 unterschiedliche mittel- und langfristige Faktoren. Bestimmte Standards in der Logistik werden etabliert bleiben, einige als „Hype“ gehandelte Themen werden sich nicht durchsetzen und unterschiedliche neue Trends kommen auf – ein Überblick:

- Auch in 2040 dominieren Standard Seecontainer und Europalette weiter die physische Logistik. Ebenso (auch wenn in verringertem Umfang) wird Papier weiterhin in der Logistik eingesetzt.
- Die befragten Experten sind sich dabei auch einig, dass eine Produktion auf Schiffen oder Zügen eher unwahrscheinlich sein wird. Ebenso wird in 2040 die Produktion unter Wasser oder im Weltall noch nicht gegeben sein.
- Umwelteinflüsse, Politik und Unruhen unterschiedlicher Art stellen neue Herausforderungen an das Gestaltung und Betrieb von Supply Chains.
- Der orchestrierte Datenaustausch steigt, um Prognosefähigkeiten und autonome (KI-basierte) Entscheidungen entlang der Supply Chain zu ermöglichen und damit Vorteile für alle Akteure zu erzielen.
- Der Einsatz von Technologie und IoT (u.a. Einsatz von Sensoren) wird das klassische physische Produkt intelligenter machen und auf dieser Basis neue zugehörige Services ermöglichen. Dies verändert die Wettbewerbsposition von Produzenten und Serviceanbietern.
- Mit den Möglichkeiten von Datenaustausch über Plattformen und dem Einsatz von Technologie können Supply Chains einerseits flexibler und andererseits widerstandsfähiger organisiert werden.
- Die Kunden werden in Zukunft verstärkt eine „grüne Logistik“ fordern – Nachhaltigkeit wird zum kritischen Erfolgsfaktor für Unternehmen werden – das Thema Rückführungslogistik steht hierbei schon heute im Fokus.

Literatur

- [1] Göpfert, I., 2019. Logistik der Zukunft - Logistics for the Future. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [2] Kersten, W., Seiter, M., See, B.v., Hackius, N., Maurer, T., 2017. Chancen der digitalen Transformation: Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management. DW Media Group GmbH, Hamburg, 74 pp.
- [3] Bauernhansl, T., Hompel, M. ten, Vogel-Heuser, B., 2014. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [4] Kersten, W., Schröder, M., Indorf, M., 2017. Potenziale der Digitalisierung für das Supply Chain Risikomanagement: Eine empirische Analyse, in: Seiter, M., Grünert, L., Berlin, S. (Eds.), Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0, vol. 109. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, pp. 47–74.
- [5] Voß P. (eds) Logistik – die unterschätzte Zukunftsindustrie. Springer Gabler, Wiesbaden.
- [6] Göpfert, I., 2013. Logistik: Führungskonzeption und Management von Supply Chains, 3., aktualisierte und erweiterte Auflage ed. Verlag Franz Vahlen, München, XXIV, 453 strony.
- [7] Zillmann, M., 2016. Keine Industrie 4.0 ohne Digitalisierung der Supply Chain: Intelligente Logistikdienstleistungen für die Fertigungsindustrie, Mindelheim.
- [8] Müller, F.G., Bressner, M., Görzig, D., Röber, T., 2016. Industrie 4.0: Entwicklungsfelder: Aktuelle Hemmnisse und konkrete Bedarfe, Stuttgart.
- [9] Luckert, M., Schiffer, M., Wiendahl Hans-Hermann, Schöllhammer, O., Köpler, J., 2018. Zulieferer vor der Zerreißprobe: Wie Zulieferer im Automobil- und Maschinenbau den Wandel durch Industrie 4.0 meistern können, Stuttgart.
- [10] Schiffer, M., Luckert, M., Wiendahl, H.-H., Saretz, B., 2018. Smart Supply Chain – Development of the Equipment Supplier in Global Value Networks, in: Moon, I., Lee, G.M., Park, J., Kiritsis, D., Cieminski, G. von (Eds.), Advances in Production Management Systems. Production Management for Data-Driven, Intelligent, Collaborative, and Sustainable Manufacturing, vol. 535. Springer International Publishing, Cham, pp. 176–183.
- [11] Danne, C., 2012. Auswirkungen von Komplexität in Produktionssystemen insb. auf das Bestandsmanagement. Heinz Nixdorf Institut, 01/2012, Paderborn.
- [12] Schorer, M., 2019. Wann wird Autonomes Fahren Realität auf unseren Straßen? <https://blog.vdi.de/2019/05/wann-wird-autonomes-fahren-realitaet-auf-unseren-strassen/>. Accessed 9 March 2019.
- [13] Daimler AG, 2019. Der Mercedes-Benz Vision Van. Intelligent vernetztes Zustellfahrzeug der Zukunft. <https://www.daimler.com/innovation/specials/vision-van/>. Accessed 9 March 2020.
- [14] Deutsche Bahn AG, 2019. 17 Kilo aus dem Drucker: Die DB produziert auch schwere und betriebsrelevante Ersatzteile aus Metall im 3D-Drucker. https://www.deutschebahn.com/de/konzern/im_blickpunkt/17-Kilo-aus-dem-Drucker-4256938. Accessed 9 March 2020.
- [15] TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik, 2000. Logistik als Wertschöpfungsfaktor. <https://www.tcw.de/news/logistik-als-wertschoepfungsfaktor-158>. Accessed 9 March 2020.
- [16] Clausen, Uwe, t.H., Michael, Kuhn, A. Sicherheit in der Transportlogistik: Safety and Security. https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/OE%20320/Infoseiten%20Produkte/safety_and_security_WEB.pdf. Accessed 9 March 2020.

- [17] Dobos, L., 2019. Schutz vor Ladungsdiebstahl: Wie Sie sich für den Ernstfall wappnen: Tipps, Hilfen und Fördermöglichkeiten, 1. Auflage ed. Huss-Verlag, München, 96 pp.
- [18] Wirtschaftswoche, 2020. So profitieren Anleger von der neuen Datenflut. <https://www.wiwo.de/finanzen/geldanlage/industrie-4-0-an-der-boerse-software-lukrativer-als-hardware/14452080-3.html>. Accessed 9 March 2020.
- [19] Recknagel, R., Beisswenger, P. Trotz Control Tower und Digitalisierung – Der Transportplaner bleibt, in: , Voß P. (eds) Logistik – die unterschätzte Zukunftsindustrie. Springer Gabler, Wiesbaden, pp. 33–46.
- [20] Bommers, R., Castrup, S. Logistik 4.0 – Automatisierte Kommissionierung im Onlinehandel, in: , Voß P. (eds) Logistik – die unterschätzte Zukunftsindustrie. Springer Gabler, Wiesbaden, pp. 99–105.
- [21] Dahm, M.H., Thode, S. (Eds.), 2019. Strategie und Transformation Im Digitalen Zeitalter: Inspirationen Für Management und Leadership. Springer Gabler, Wiesbaden, Germany, 351 pp.
- [22] VDMA e.V., 2018. Maschinenbau treibt digitalen Wandel auch auf Plattformen voran. https://www.vdma.org/documents/105628/24359111/PI%20Plattformökonomie_1517915104884.pdf/bb4d1efc-6350-4743-8d2f-fedf116b19e4.
- [23] Hermes Germany GmbH. Kollaboration in der Supply Chain. <https://www.hermes-supply-chain-blog.com/wp-content/uploads/2018/11/18-1106-Hermes-Newsletter-web.pdf>. Accessed 9 March 2020.
- [24] Biethahn, N., Kolke, R., Sucky, E., Werner, J., 2013. Mobility in a globalised world 2012. Univ. of Bamberg Press, Bamberg, 265 pp.
- [25] Colsman, B., 2013. Nachhaltigkeitscontrolling: Strategien, Ziele, Umsetzung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 127 pp.
- [26] Thierry, M., Salomon, M., van Nunen, J., van Wassenhove, L., 1995. Strategic Issues in Product Recovery Management. California Management Review 37 (2), 114–136.
- [27] Voß, P.H. (Ed.), 2020. Logistik - die unterschätzte Zukunftsindustrie: Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0, 2nd ed. 2020 ed. Springer Fachmedien Wiesbaden; Springer Gabler, Wiesbaden, 262 pp.
- [28] Bronder, C., Pritzl, R. (Eds.), 1992. Wegweiser für Strategische Allianzen: Meilen- und Stolpersteine bei Kooperationen. Gabler Verlag; Imprint, Wiesbaden, 1 online resource.
- [29] Khajavi, S.H., Partanen, J., Holmström, J., 2014. Additive manufacturing in the spare parts supply chain. Computers in Industry 65 (1), 50–63.
- [30] David, K., Geihs, K., Lange, M., Stumme, G. (Eds.), 2019. Informatik 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik - Informatik für Gesellschaft : Konferenzbeiträge der 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik : 23.-26.09.2019, Kassel, Deutschland. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Bonn, 734 pp.
- [31] Zheng et al., 2015. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, NY, 1 Online-Ressource.