



Whitepaper

Transformation von Lieferketten

Änderungen in der Auftragsabwicklung von Unternehmen



Autoren

Dr. Saskia Sardesai (Fraunhofer IML)
Felix Schreckenberg (Fraunhofer IML)
Johanna Kippenberger (Fraunhofer IML)

Herausgeber

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

Bildlizenz - Titelbild und Innenteil links

© Adobe Stock, AkuAku, tonyv3112

DOI

10.24406/publica-678

© Fraunhofer IML, Dortmund Januar 2023

Vorwort

Aktuelle und zukünftige Trends wirken sich auf den Auftragsabwicklungsprozess von Unternehmen aus und führen zu einer Transformation von Lieferketten. Das Whitepaper gibt einen Überblick über relevante politische, ökonomische, soziale, technologische, ökologische und rechtliche Trends, die einen Transformationsdruck auf die Lieferkette ausüben. Es wird aufgezeigt, wie Unternehmen mit dem Transformationsdruck umgehen, indem Transformationsbeispiele aus der Literatur aufgezeigt werden. Im Zuge von weitergehenden Interviews zu Anpassungen des Auftragsabwicklungsprozesses und der Lieferkette werden anvisierte Anpassungen von Unternehmen aufgezeigt.



Inhalt

1. Die logistische Auftragsabwicklung im Wandel	6
2. Transformationsdruck durch aktuelle Trends und Einflussfaktoren	7
2.1. Transformationsdruck durch politische Trends	7
2.2. Transformationsdruck durch ökonomische Trends	8
2.3. Transformationsdruck durch soziale Trends	9
2.4. Transformationsdruck durch technologische Trends	10
2.5. Transformationsdruck durch ökologische Trends	11
2.6. Transformationsdruck durch rechtliche Trends	12
3. Bestehende Ansätze der Transformation mit Einfluss auf die Auftragsabwicklung	14
3.1. Transformation durch Digitalisierung	14
3.1.1 Digitalisierung und automatisierte Verarbeitung von Daten	14
3.1.2 Einheitliche Plattformen für die kollaborative Planung	15
3.1.3 Data Science für eine höhere Planungssicherheit	16
3.1.4 Simulation in der Bestell- und Auftragsabwicklung	16
3.2. Transformation durch technologische Entwicklung erfordert Fachkräfte mit Digitalisierungserfahrung	17
3.3. Transformation durch Kreislaufwirtschaft und Steigerung der Energieeffizienz	19
4. Derzeitige Ansätze zur Transformation mit Einfluss auf die Auftragsabwicklung	21
4.1. Transformation der Beschaffung	21
4.1.1 Einbindung von Resilienzstrategien im Lean-Ansatz durch erhöhten Risikofaktor	21
4.1.2 Anstieg der Unsicherheit in der Lieferkette erhöht den Anteil des Dual- oder Cross-Sourcings	23
4.1.3 Regionalisierung zur (Transport-)Risikominimierung, als Antwort auf De-Coupling und zur Befähigung von Circular Economy	23
4.1.4 Strategische Lieferantenverträge durch Rohstoffknappheit sowie auf Basis gemeinsamer Interessen	24
4.1.5 Zunehmende Standardisierung von Produkten führt zur Verschiebung des Kunden-entkopplungspunktes	24
4.2. Transformation durch Digitalisierung	24
4.2.1 Digitalisierung und automatisierte Verarbeitung von Daten zur Schaffung von Transparenz für die Planung und Risikobewertung	25
4.2.2 Einheitliche Plattform zur Verknüpfung von förderierten Supply Chain Daten für die kollaborative Planung	26
4.2.3 Zunehmendes Onboarding von KMU in die kollaborativen Planungsprozesse	28
4.2.4 Ansätze zu digitalen Geschäftsmodellen	28
4.3. Transformation durch Automatisierung zur Begegnung des Fachkräftemangels	29
4.4. Transformation durch Einbindung von Nachhaltigkeit	31
5. Handlungsempfehlungen für die Prozesse der Auftragsabwicklung	32
Literaturverzeichnis	36

1. Die logistische Auftragsabwicklung im Wandel

Lieferketten verändern sich und erfahren eine Transformation in Richtung Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Trends und Herausforderungen gelten als Ursachen sowie als Verstärkung dieser Transformation. Als Hauptfolge kann die Neuaufstellung der wertschöpfenden Strukturen beobachtet werden – und das branchenübergreifend. Logistikprozesse müssen neu strukturiert und die Erfolgsmuster an die neuen Gegebenheiten angepasst werden [1].

Prominente Beispiele der Transformationsurheber sind die COVID-19-Pandemie sowie der Ukraine-Konflikt, die einen Absatz-, Umsatz- und Lieferkettenschock ausgelöst haben [1]. Fehlende Güter und Dienstleistungen sowie starke Kapazitätsfluktuationen bei produzierenden und vorgelagerten Unternehmen gehören zum täglichen Geschäft. Weiterhin verschärfen Probleme bei dem Abtransport der fertigen Güter die Lieferschwierigkeiten [2] – insbesondere aufgrund fehlender Container oder Frachtkapazitäten. Unterbrechungen innerhalb der Lieferkette aufgrund von COVID-19 werden auch weiterhin vorhergesagt – hervorgerufen beispielsweise von der Zero-Covid Politik in China als Sitz wichtiger Zulieferer [3].

Der Krieg in der Ukraine verschärft zudem die Unsicherheiten in der globalen Beschaffung und beschränkt das Angebot bestimmter Güter. Auswirkungen davon können auf dem globalen Welthandel gespürt werden [3]. Darüber hinaus werden mit dem Konflikt einhergehende Störungen in der Energieversorgung prognostiziert [4]. Die in Kraft gesetzten Sanktionen gegen Russland beeinflussen auch Europa und globale Lieferketten [3].

Neben diesen Herausforderungen müssen bei der Neuordnung der Lieferketten sogenannte Länder- und Standort-Risiken wie Naturkatastrophen, Streiks, Brände und Cyber-Sicherheitsrisiken berücksichtigt werden. Insbesondere Cyber-Sicherheitsrisiken erfahren in jüngster Zeit eine besondere Beachtung, können sie zum Beispiel Zulieferer zwingen, ihre Fertigung herunterzufahren, wodurch kaskadierende Effekte hervorgerufen werden [5].

Die Auftragsabwicklung hat vielerlei Kontaktpunkte mit diesen exemplarischen Herausforderungen und spielt eine besondere Rolle bei der branchenübergreifenden Transformation der Lieferketten. Als Bindeglied zwischen Kunde und dem produzierenden Unternehmen plant die Auftragsabwicklung auf den bestehenden Kundenbestellungen – und den Prognosen aus dem Vertrieb – die komplette Auftragssteuerung, Bedarfsermittlung, Beschaffung, Fertigung sowie die Distribution und Auslieferung der fertigen Güter an die Kunden sowie die damit zusammenhängenden Inbound- und Outbound-Logistikprozesse [6].

Somit ist die Auftragsabwicklung einerseits hauptverantwortlich für die Erfüllung der Wünsche der Kunden, die zumeist qualitäts- und funktionsbezogene Eigenschaften, den Preis, eine bestimmte Individualisierung des Fertigguts sowie eine akzeptable Lieferzeit adressieren [7].

Andererseits ist die Auftragsabwicklung mit den beschriebenen Herausforderungen in der Lieferkette konfrontiert und muss entsprechende Maßnahmen in ihren Logistikprozessen umsetzen. Beispielsweise müssen andere, neuartige Komponenten und damit neue Zulieferer in die Lieferkette integriert werden. Viele Unternehmen planen aufgrund dessen um, zum Beispiel werden zusätzliche Lieferanten gesucht, Lieferrelationen geändert oder Produktionsstandorte verlagert [8]. Etablierte Wertschöpfungsaktivitäten werden somit verändert, angepasst oder umgestellt [9].

Dieses Whitepaper befasst sich mit dem Transformationsdruck auf die Auftragsabwicklung und der resultierenden Umstellung der Aktivitäten in der Lieferkette, die aus identifizierten und analysierten Trends und Herausforderungen entspringen.

Durch die literaturbasierte Recherche von Trends, sich in Umsetzung befindlichen Maßnahmen zur Transformation sowie durch die Durchführung von branchenübergreifenden Experteninterviews wird ein umfassender Überblick gegeben.

2. Transformationsdruck durch aktuelle Trends und Einflussfaktoren

Unternehmen und ihre Lieferketten agieren in einem Umfeld, welches sich durch Megatrends und Trends stetig wandelt. Dadurch entstehen sowohl Chancen als auch Herausforderungen für die Unternehmen [10].

Trends sind zum Beispiel aus der Mode, der Finanzwelt oder der Mathematik bekannt. Unabhängig vom Kontext beschreiben sie immer Veränderungen, die sich über einen bestimmten Zeitraum hinweg fortsetzen [11]. Megatrends werden über Jahrzehnte (15+ Jahre) beobachtet und betreffen fast alle Regionen der Welt, während Trends über 5-10 Jahre in bestimmten Teilen der Welt zu beobachten sind [10].

Die in diesem Whitepaper angewandte PESTEL-Analyse ist eine Variante der Umfeldanalyse [12] und wird seit vielen Jahren eingesetzt [13]. Das Unternehmensumfeld wird anhand der sechs makroökonomischen Faktoren political (politisch), economical (ökonomisch), social (sozial), technological (technologisch), environmental (ökologisch) und legal (rechtlich) geclustert [12].

Im Folgenden werden Trends, die den Auftragsabwicklungsprozess eines Unternehmens beeinflussen können, aufgezeigt und erläutert. Die Trends wurden im Rahmen einer Desktop Research und in Expertenrunden identifiziert. Sie haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.



Abbildung 1: Auswahl politischer Trends

Das frühzeitige Erkennen neuer Trends ermöglicht die frühzeitige Berücksichtigung wichtiger Erkenntnisse bei unternehmerischen Entscheidungen und ein durchdachtes, planvolles Vorgehen [11]. Für Unternehmen ist es somit wichtig, die von außen kommenden Einflüsse zu analysieren, um den langfristigen Unternehmenserfolg in einem volatilen Umfeld zu sichern. Ein passendes Instrument dafür stellt die sogenannte Umfeldanalyse dar [12].

Durch die Umfeldanalyse können relevante Trends, welche das Unternehmensumfeld und den Zielmarkt beeinflussen, erfasst werden. Es wird Transparenz über potenzielle positive und negative Auswirkungen auf den Unternehmenserfolg erzeugt und Handlungsbedarf aufgedeckt [12].

2.1 Transformationsdruck durch politische Trends

Einer der wichtigsten Megatrends in Bezug auf den Unternehmenserfolg stellt die politische Stabilität dar [14]. In vielen Ländern ist zu beobachten, dass die politische Stabilität in den vergangenen Jahren gesunken ist und diese Entwicklung zu Unruhen führt [15]. Auch andere länderübergreifende Bedrohungen wie bewaffnete Auseinandersetzungen, Terrorismus und Cyberkriminalität stellen eine Gefahr dar [16] und hemmen das Wirtschaftswachstum [17].

Protektionismus ist ein weiterer wichtiger Trend aus der politischen Dimension [18]. Im Gegensatz zum Freihandel wird beim Protektionismus versucht die heimische Industrie

vor ausländischer Konkurrenz durch handelspolitische Maßnahmen wie Verbote, Einfuhrkontingente, Zölle und Auflagen zu schützen [19]. Die USA erhebt beispielsweise Zölle von 25% auf die Einfuhr von Stahl, Zölle von 10% auf die Einfuhr von

Transformationsdruck der Lieferkette durch Anpassungen der Lieferanten. Die politische Lage sowie politische Entscheidungen haben im Regelfall eine langfristige Wirkung auf die Strukturen des Auftragsabwicklungsprozesses [24].



Abbildung 2: Auswahl ökonomischer Trends

Aluminium und Zölle von 50% auf die Einfuhr von Waschmaschinen [20]. Der Protektionismus mittels Handelsbarrieren wurde durch die COVID-19 Pandemie sowie durch die Sanktionen gegen Russland im Rahmen des Ukraine-Kriegs weiter verstärkt [18,21].

In den kommenden Jahren werden Machtverschiebungen erwartet. Die USA hatte lange Zeit das größte globale Machtpotenzial gemessen an den fünf Kategorien Diplomatie, Demografie, Ökonomie, Militär und Technologie. Eine mögliche Prognose beschreibt, dass China 2055 den größten globalen Machtanteil (ca. 17,1%) haben wird, gefolgt von Indien (12,7%) und den USA (9,9%) [16].

Ein weiterer Trend ist in der Klimapolitik zu erkennen. Das Thema Klimawandel hat seit den 1970er-Jahren verstärkt an Aufmerksamkeit und Bedeutung gewonnen. Der von der EU-Kommission ausgearbeitete Green Deal zielt auf ein klimaneutrales Europa bis 2050 ab. Die zuvor im Pariser Abkommen 2015 geplante Senkung der Treibhausgasemissionen um 40 Prozent (im Vergleich zu 1990) bis 2030 wird in dem Green Deal noch einmal auf 55 Prozent angehoben [22]. Dies soll unter anderem durch den Ausbau erneuerbarer Energiequellen, energetische Sanierung privater und öffentlicher Gebäude, nachhaltige und intelligente Mobilität (bspw. Ausbau von Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge) [23] und Aufklärungsarbeit erreicht werden [22].

Die politischen Trends haben einen großen Einfluss auf das wirtschaftliche Handeln, internationale Lieferketten und den Auftragsabwicklungsprozess [9]. Marktanteile und Auftragszusammensetzungen können sich verändern. Insbesondere die Trends politische Stabilität, Protektionismus, Machtverschiebungen und Klimapolitik führen zu einem hohen

2.2 Transformationsdruck durch ökonomische Trends

In der ökonomischen Dimension ist die Servitization einer der Megatrends [25]. Produzierende Unternehmen ergänzen ihr physisches Produktangebot zunehmend durch Dienstleistungen, um zusätzliche Einnahmen und Wachstum zu erzielen [26]. Die Servitization ist nicht neu, sondern findet in vielen Branchen weitergehende Anwendung. Ein Beispiel hierfür ist der Werkzeughersteller Hilti, der Kunden Werkzeuge gegen eine fixe Monatspauschale anbietet [27].

Im Rahmen der Pandemie wurde das Konzept der Globalisierung überdacht: Lieferketten wurden in die Nähe verlagert und zunehmend wird über eine dauerhafte Verlagerung gesprochen, um sich gegen ähnliche Störungen in der Zukunft abzusichern [18]. Das eigene Bestell- und Beschaffungsmanagement wird analysiert, bewertet und neu strukturiert. Dabei werden neben den Kosten auch Risikoaufschläge pro Land und andere Kriterien berücksichtigt. Höhere Kosten durch lokales Sourcing im Gegensatz zum globalen Sourcing werden zugunsten der Lieferkettenstabilität in Kauf genommen [28]. 68 Prozent der Unternehmen planen eine Diversifizierung ihrer Lieferketten durch neue oder zusätzliche Lieferanten, erhöhte Lagerhaltung, Lieferanten in unterschiedlichen Ländern, Verkürzung von Lieferwegen oder eine Verlagerung der Produktion ins eigene Unternehmen [29]. Dennoch deuten die bisherigen Entwicklungen nicht auf eine Umkehrung der Globalisierung hin, sondern vielmehr auf eine Slowbalisation – d.h. Verlangsamung des globalen Integrationsprozesses [30].

Einen weiteren Trend bilden strategische Partnerschaften. Diese werden für Unternehmen stetig relevanter und können zwischen Unternehmen und Staaten oder Unternehmen und Unternehmen stattfinden [31]. Komplementäre Fähigkeiten,

Zugang zu neuen Märkten, gemeinsam genutztes geistiges Eigentum oder Infrastruktur und Verringerung von Risiken sind einige Vorteile von strategischen Partnerschaften [32]. Ein Beispiel für strategische Partnerschaften sind die VW AG und ST-Microelectronics N.V.. Das Ziel der Partnerschaft ist eine gemeinsame Entwicklung spezieller Mikrochips zur Vernetzung in neuen Automodellen. Wichtige Bauteile sollen nicht mehr nur von klassischen Autozulieferern, sondern direkt von Elektronik Anbietern bezogen werden [33].

Die aufgeführten ökonomischen Trends zeigen, dass zunehmende Unsicherheit und Risiken resilienzsteigernde Maßnahmen wie Multiple Sourcing erfordern, die jedoch im Widerspruch zu Zielen wie der Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung stehen [9]. Die zunehmende Digitalisierung bietet zudem weitere Ansätze der Servitization und verändert somit die dahinterliegende Lieferkette bzw. die Interaktion mit dem Kunden.

Weltbevölkerung in Städten leben [39]. Wie bereits bei dem Megatrend Mobilität beschrieben, verliert das eigene Auto an Bedeutung. Auto-freie Zonen oder ganze autofreie Städte entstehen und fördern den Bike-Boom [34]. Aber nicht nur die Mobilität, sondern auch die Logistik in den Städten verändert sich. Ein Zusammenspiel aus herkömmlichen und innovativen Transportmitteln (bspw. Zustellroboter oder Drohnen) ermöglichen die Zustellung von Sendungen an Kunden [40] bei gleichzeitiger Verminderung der CO₂-Emission und Verbesserung des Verkehrsflusses innerhalb der Städte [41].

Die Weltbevölkerung wächst weiter. Prognosen zufolge wird die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9,8 Milliarden Menschen anwachsen, wobei Afrika und Asien am meisten zu diesem Wachstum beitragen werden [42]. Ein weiterer Trend ist die Überalterung der Bevölkerung: Weltweit ist der Anteil der Bevölkerung im Alter von 65 Jahren oder älter von 6% im Jahr 1990 auf 9% im Jahr 2019 gestiegen. Dieser Anteil wird den



Abbildung 3: Auswahl sozialer Trends

2.3 Transformation durch soziale Trends

Im Rahmen der sozialen Dimension wurde als einer der wichtigsten Megatrends die Mobilität identifiziert. Produkte und Services sowie die Nutzung von Verkehrsmitteln verändern sich [34]. Mobilität wird zunehmend multimodaler, flexibler, spontaner, situativer [35] und umweltfreundlicher [25]. Auf die sich ändernden Mobilitätspräferenzen wird mit neuen Mobilitätsangeboten wie Carsharing, Auto-Abos, Beförderungsangeboten wie Uber [36,37] oder Shared Micromobility (bspw. gemeinsam genutzte Elektrofahrräder, Roller, etc.) reagiert. Immer mehr Mobility Hubs entstehen, welche temporär und stationär Mobilität gewährleisten [34]. Auch ganz neue Mobilitätsformen wie der Trend der Urban Air Mobility (z.B. Lufttaxis) lassen sich nennen [38].

Ein weiterer Megatrend aus der sozialen Dimension ist die Urbanisierung. Ein immer größerer Teil der Bevölkerung lebt in Städten und Ballungsräumen. Die Urbanisierung führt zu neuen Formen der Vernetzung und des Zusammenlebens [25]. Bis 2050 werden voraussichtlich mehr als 60% der

Prognosen zufolge bis 2050 weiter auf 16% steigen, so dass dann jeder sechste Mensch auf der Welt 65 Jahre oder älter sein wird [43]. Gleichzeitig ist zu beobachten, dass ältere Menschen länger fit bleiben. Der Trend Silver Society beschreibt die enormen Herausforderungen aber auch Chancen der Gesellschaft, die durch den demographischen Wandel entstehen [44]. Unter anderem einhergehend mit dem demographischen Wandel ist der Trend des Fachkräftemangels zu beobachten. Fach- und Nachwuchsarbeitskräfte werden von Unternehmen aus allen Branchen gesucht [25]. Zwei von drei deutschen Unternehmen sehen in fehlendem qualifizierten Personal den größten Risikofaktor [45]. Beispielsweise herrscht ein starker Mangel an Lkw-Fahrern, allein in Deutschland gibt es 80.000 offene Stellen [28]. Neue Technologien und die verstärkte Automatisierung von Prozessen [25] sowie Zuwanderung sollen dem Fachkräftemangel entgegenwirken [46]. Für Unternehmen ist ein Auf- und Ausbau der Arbeitgeberattraktivität besonders wichtig, um gut qualifiziertes Personal zu akquirieren und an sich zu binden [47]. In diesem Kontext lässt sich der Trend New Work nennen, bei dem die Bedürfnisse der Arbeitnehmer im Fokus stehen. Initiativen wie flexible Arbeitsgestaltung, flache



Abbildung 4: Auswahl technologischer Trends

Hierarchien und abteilungsübergreifendes Teamwork zielen auf erhöhtes Engagement der Mitarbeiter und wachsende Innovationskraft ab. Bereits 63% aller Unternehmen betreiben Initiativen zur Umsetzung von New Work [48].

Darüber hinaus wird sich der Vertrieb von Produkten und Dienstleistungen verändern, damit Unternehmen erfolgreich bleiben, wie der Trend Omnichannel Retailing zeigt [49]. Unter Omnichannel Retailing wird die Nutzung verschiedener Verkaufskanäle verstanden, um ein einheitliches, nahtloses Markenerlebnis für den Verbraucher auf jeder Plattform und zu jeder Zeit zu schaffen [50]. Online- und Offline-Kanäle werden verbunden als gäbe es nur einen einzigen Kanal. Beispiele für Omnichannel-Features sind Instore-Return (online gekaufte Ware wird im Ladengeschäft zurückgegeben), Instore-Order (im Ladengeschäft werden Bestellungen aufgegeben, die nach Hause geschickt werden), Click und Collect mit Online-Zahlung oder Bezahlung im Geschäft (online bestellte Ware kann im Ladengeschäft abgeholt werden) sowie Online-Verfügbarkeitsanzeigen (von im Ladengeschäft angebotener Ware) [51]. Mehr als ein Drittel der Amerikaner hat seit der Pandemie Omnichannel-Features zu einem Teil ihrer regelmäßigen Einkaufsroutine gemacht und fast zwei Drittel dieser Personen planen, dies fortzusetzen [52].

Die sozialen Trends stellen den Menschen in den Mittelpunkt. Während einerseits die kundenseitigen Anforderungen eine Herausforderung für Unternehmen und Logistik darstellen, indem hohe und neue Erwartungen an Produkte bzw. Dienstleistungen gestellt werden, sind Unternehmen gleichzeitig mit einer geringen Verfügbarkeit der Ressource Mensch konfrontiert. Dadurch wird eine adäquate Reaktion auf die geänderten An- und Herausforderungen im Auftragsabwicklungsprozess erschwert.

2.4 Transformationsdruck durch technologische Trends

In der technologischen Dimension wurde der wichtige Megatrend Digitalisierung identifiziert, welcher als Enabler für weitere Trends agiert [53].

Ein durch die Digitalisierung getriebener Trend sind Plattformen für Logistikdaten. Gerade in der Pandemie hat sich der Bedarf gezeigt, da firmenintern aufgenommene Daten oft nicht ausgereicht haben, um Lieferketten aufrecht zu erhalten. Es bedarf einer globalen Vernetzung zur Datenermittlung [54]. In diesem Zusammenhang lässt sich beispielhaft das Projekt Catena-X nennen, bei dem eine gemeinsame Blockchain aufgebaut werden soll, um einen Austausch von Daten hinsichtlich der gesamten automobilen Wertschöpfungskette zu ermöglichen [55].

Ein weiterer Trend ist der digitale Lieferkettenzwilling, welcher von der Datenplattform profitiert [56]. Ein digitaler Zwilling ist das virtuelle Abbild eines realen Objektes oder Prozesses, welche auf Basis von Echtzeitdaten tiefer gehende Analysen und Prognosen ermöglicht [57]. Neue Ideen und Entscheidungen können vorab simuliert und auf ihre Funktionsfähigkeit getestet werden, bevor Unternehmen diese für ihre tatsächliche Lieferkette anwenden [58]. 62 Prozent der Unternehmen, die IoT-Projekte umgesetzt haben, planen den Einsatz digitaler Zwillinge [59].

Auch die Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Megatrend mit zahlreichen Einsatzmöglichkeiten [56]. 69 Prozent der Unternehmen halten KI für die wichtigste Zukunftstechnologie und jedes vierte Unternehmen will in KI investieren. Einsatzmöglichkeiten liegen u.a. im Bereich der personalisierten Werbung oder zur Verbesserung der internen Abläufe und der Produktion, sodass der Einsatz von KI beim Auftragsabwicklungsprozess unterstützen kann [60]. Ein weiteres Beispiel ist die Kopplung der künstlichen Intelligenz an einen Lieferkettenzwilling, um autonome Entscheidungen über Lagerbestände oder Lieferungen zu fällen [61].

Einen wichtigen Grundstein für weitere Technologietrends setzt 5G (fünfte Mobilfunkgeneration). Nach der weltweiten Vernetzung von Menschen, weitet sich die Kommunikation auf Maschinen und Geräte aus. Das Ziel von 5G ist es, mittels leistungsstarker Netze [62], unsere Kommunikation schneller und sicherer zu machen. Es wird bereits an 6G geforscht, welches nochmal schneller sein soll und holografische Kommunikation ermöglichen soll.

5G ermöglicht den Einsatz von Edge Computing. Im Gegensatz zum Cloud Computing werden die Anwendungsdaten direkt am Internet-of-Things Gerät analysiert und verarbeitet, wodurch wertvolle Zeit eingespart wird. Die Smart Factory ist ein mögliches Einsatzgebiet des Edge Computings, in der eine sich selbst organisierende Produktionsumgebung geschaffen wird [63].

5G ermöglicht zudem eine Ausweitung der Nutzung von Virtual und Augmented Reality, welche hohe Datenübertragungsraten

Fahrzeug die komplette Fahrzeugführung auf bestimmten Strecken (z.B. auf der Autobahn oder in Parkhäusern) übernehmen und auch ohne Passagiere fahren. Auf der letzten Stufe, dem autonomen Fahren, bewältigt das Auto sämtliche Verkehrssituationen [67]. Autonome Fahrzeuge werden sich laut Prognose ab 2040 durchsetzen [66].

Ein weiterer Trend in der Automobilbranche ist die Vernetzung des Autos mit der Außenwelt. Das Connected Car kann sich mit anderen Fahrzeugen oder mit der Verkehrsinfrastruktur (z.B. Ampeln) vernetzen. Des Weiteren werde die Autoinsassen mit der Außenwelt vernetzt [68].

Die technologischen Trends führen zu einem hohen Transformationsdruck auf den logistischen Auftragsabwicklungsprozess. Die COVID-19 Pandemie hat die Transformationsprozesse beschleunigt und Innovationen in der Logistik, Automatisierung und Digitalisierung wurden vorangetrieben [69].



Abbildung 5: Auswahl ökologischer Trends

benötigen [63]. Diese Technologien können beispielsweise in Produktionsplanung, Produktionsbetrieb, Instandhaltung sowie Montage eingesetzt werden [64].

In der Automobilindustrie ist ein Wandel der Antriebsformen zu beobachten. Während 2016 noch 98% der Neuzulassungen von Personenkraftwagen in Deutschland reine Verbrennungsmotoren (Diesel- und Benzinantrieb) waren, ist der Anteil 2021 auf 57,1% gesunken. Somit ist ein Trend zu erkennen: weg von Verbrennungsmotoren hin zu Hybridfahrzeugen, Elektro-, Gas- oder Brennstoffzellenantrieb [65].

Das autonome Fahren ist ein weiterer Trend. Dabei werden fünf Entwicklungsstufen voneinander abgegrenzt. Das hochautomatisierte Fahren (Stufe drei) ist seit Juni 2021 erlaubt [66] und umfasst, dass bestimmte Fahraufgaben ohne menschlichen Eingriff erfolgen können wie das Überholen, Bremsen und Beschleunigen. Zudem darf der Fahrer im hochautomatisierten Modus die Aufmerksamkeit von der Straße abwenden. Auf Stufe vier, dem vollautomatisierten Fahren, kann das

2.5 Transformationsdruck durch ökologische Trends

Ökologische Nachhaltigkeit bedeutet, dass gegenwärtige Lebensverhältnisse und Lebenskomfort weitestgehend aufrecht erhalten bleiben, ohne das Recht auf Lebensqualität künftiger Generationen zu gefährden. Den zentralen Bedrohungen der globalen Erwärmung, der Umweltverschmutzung und der Ressourcenknappheit muss begegnet werden [70].

Die globale Erwärmung stellt eine elementare Bedrohung für die menschliche Zivilisation da und führt beispielsweise zu Extremwettern, Ernteausfällen, einem Anstieg des Meeresspiegels und Verlust der Artenvielfalt [71]. Verursacher der Klimaerwärmung ist der Mensch, welcher durch die Verbrennung fossiler Energieträger und die Zerstörung von Wäldern und Mooren den natürlichen Treibhausgaseffekt verstärkt [72]. Klimabedingte Naturkatastrophen haben sich in den letzten Jahrzehnten verzehnfacht und sind zudem intensiver und damit folgenschwerer geworden. Etwa 50.000 Menschen sterben jährlich an den Folgen von Naturkatastrophen [73] und



Abbildung 6: Auswahl rechtlicher Trends

auch die Auswirkungen auf Unternehmen in den betroffenen Regionen sind enorm. Beispielsweise stand die Produktion des von der Ahrtal-Katastrophe betroffenen Autozulieferers ZF für Monate still [74].

Ein Megatrend aus der ökologischen Dimension ist die Circular Economy. Die Circular Economy kann als ein regeneratives System definiert werden, in dem Ressourceneinsatz, Abfall, Emissionen und Energieverbrauch durch Verlangsamung, Schließung und Verengung von Material- und Energiekreisläufen minimiert werden. Erreicht werden kann dies durch langlebiges Design, Instandhaltung, Reparatur, Wiederverwendung, Remanufacturing, Refurbishing und Recycling [75]. Im Gegensatz zur Linearwirtschaft „take-make-dispose-Prinzip“ (produzieren, nutzen und entsorgen) zielt die Circular Economy darauf ab, Rohstoffe so lange wie möglich im Wirtschaftskreislauf zu halten. Durch die Einsparung von Ressourcen sowie durch gesteigerte Ressourceneffektivität wird der Ressourcenknappheit entgegengewirkt und die Rohstoffversorgung sichergestellt [76]. Von den 100 Milliarden Tonnen Ressourcen, die die Welt jedes Jahr verbraucht, fließen derzeit 8,6% in den Wirtschaftskreislauf zurück [77].

Ein weiterer Trend ist die Sustainable Supply Chain. Der Trend beschreibt die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit in der gesamten Lieferkette. Bei einer Sustainable Supply Chain werden ökologische, soziale und ökonomische Auswirkungen gemanagt und gute Unternehmensführung auf jeder Stufe der Lieferkette gefördert [78]. Nicht nur das eigene Unternehmen, sondern auch vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsstufen müssen die ökologischen Standards einhalten und schonend mit Ressourcen umgehen [79].

Die ökologischen Trends zeigen eine Notwendigkeit zum Handeln auf. Zum einen geht es um den Umgang mit der zunehmenden Zahl von Naturkatastrophen, zum anderen gewinnen ökologische und soziale Standards im Auftragsabwicklungsprozess an Bedeutung [9]. Nachhaltige Lösungen und eine Flexibilisierung der Prozesse und Materialien werden notwendig [69].

2.6 Transformationsdruck durch rechtliche Trends

Daten gewinnen mehr und mehr an Bedeutung für den Erfolg und Wert von Unternehmen und werden gelegentlich schon als wertvollste Ressource der Welt bezeichnet [80]. In diesem Zusammenhang wurde der Trend Datenschutz und die zugehörige Datensouveränität identifiziert. Unter Datensouveränität wird die Selbstbestimmung von Personen und Organisationen über die Verwendung ihrer Daten verstanden [81]. Die 2008 in Kraft getretene Datenschutz-Grundverordnung und das Bundesdatenschutzgesetz bilden die rechtliche Grundlage zur Nutzung personenbezogener Daten und fördert die Datentransparenz und Datenkontrolle [82].

Der Schutz von immateriellen Wirtschaftsgütern im digitalen Zeitalter ist von zentraler Bedeutung und wird durch das Recht des geistigen Eigentums sichergestellt, welches unter anderem das Urheberrecht und das Patentrecht umfasst. Einhergehend mit dem technischen Fortschritt und der Digitalisierung erweitern sich die potenziellen Schutzgegenstände und Nutzungsformen, sodass immer wieder rechtliche Anpassungen notwendig sind, um Innovationen auch weiterhin zu unterstützen [83].

Auch im Bereich Nachhaltigkeit zwingen Gesetze Unternehmen zum Handeln [28]. Seit 2017 sind große kapitalmarktorientierte Unternehmen sowie Kreditinstitute und Versicherungen in der EU zur Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichtet. Die Richtlinie wurde noch einmal überarbeitet und findet mit einer Ausweitung des Geltungsbereichs und der Berichtsinhalte verpflichtende Anwendung ab 2023 [84].

2021 wurde im Deutschen Bundestag das Lieferkettengesetz verabschiedet, wie es in ähnlichen Formen auch bereits in anderen Ländern eingeführt oder diskutiert wurde. Das Gesetz verpflichtet Unternehmen zu erweiterten Sorgfaltspflichten und Transparenz im Hinblick auf die Achtung von Menschenrechten sowie umweltbezogener Aspekte. Das Gesetz schließt dabei sämtliche Lieferketten ein, die Produkte eines Unternehmens hervorbringen [85]. Zahlreiche weitere Gesetze oder Gesetzesvorschläge zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung existieren [86].

Die rechtlichen Trends zeigen Herausforderungen auf, mit denen Unternehmen konfrontiert sind und die ihre Lieferketten beeinflussen. Insbesondere die Einhaltung der Gesetze für einen richtigen Umgang mit und dem Schutz von Daten sowie das Lieferkettengesetz ist von enormer Relevanz. Zudem ist zu beobachten, dass Innovationen teilweise durch die Gesetzgebung gehemmt werden, wie beispielsweise bei autonomen Fahrzeugen und Drohnen [69]. Parallel unterstützen Ansätze zur Datensouveränität durch weitergehende Überlegungen zur Datensicherheit vor Angriffen von Cyberkriminellen [87].



3. Bestehende Ansätze der Transformation mit Einfluss auf die Auftragsabwicklung



Abbildung 7: Essenzielle Veränderungen in der Praxis

Aus der Praxis heraus werden bereits einige Ansätze als Reaktion auf den Transformationsdruck beschrieben. Das Kapitel nutzt eine Desktop-Research, um öffentlich zugängliche Quellen auf das Engagement von Unternehmen mit transformierenden Lieferketten zu analysieren. Die im Folgenden vorgestellten Beispiele aus der Praxis zur Transformation zeigen einen Auszug an Anpassungen auf aktuelle Trends im logistischen Prozess in der Industrie. Essenzielle Veränderungen konnten sowohl in der Digitalisierung, bei innovativen Methoden der Data Science sowie der Simulation mit entsprechender Notwendigkeit des Kompetenzaufbaus bei Mitarbeitern sowie bei der unternehmerischen Ausrichtung der Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Kreislaufwirtschaft beobachtet werden. Abbildung 7 zeigt eine Übersicht über die im Folgenden näher betrachteten Themen.

3.1 Transformation durch Digitalisierung

3.1.1 Digitalisierung und automatisierte Verarbeitung von Daten

Aus der Desktop-Research geht hervor, dass viele Bereiche industrieller Unternehmen digitalisiert werden, um diese mit vorhandenen oder innovativen IT-Lösungen so weit wie möglich automatisieren zu können. Vor dem Hintergrund, dass eine Vielzahl der zu digitalisierenden Prozesse aktuell noch manuell ausgeführt werden, steht eine ganzheitliche digitale Transformation der geschäftlichen Prozesse einer wirtschaftlichen Abwägung gegenüber. Allerdings kann bereits eine breite Anwendung von IT-Lösungen in den Geschäftsprozessen beobachtet werden, bei denen das Potenzial einer zunehmenden Automatisierung gesehen wird [88]. Mercedes-Benz und Siemens streben in einem gemeinsamen Projekt an, die automobilen Produktionsprozesse zu digitalisieren. Dabei bringt Siemens sich als Anbieter für Lösungen von Automatisierung, intelligenter Infrastruktur und industrieller Software ins Projekt ein, um gemeinsam mit dem Autohersteller aus Stuttgart eine flexible und nachhaltige Automobilproduktion in Berlin

zu entwickeln. Die Prozesse werden so digitalisiert, dass die physische und virtuelle Welt mit der Produktionstechnik verschmelzen und dadurch Daten generiert werden, die analysiert und genutzt werden können [89].

Eine Digitalisierung der Prozesse des After Sales Services lässt sich insbesondere bei Fahrzeugherstellern beobachten. Damit einher geht eine Verschiebung der Kontaktpunkte zu den Kunden, mit parallelem Effekt auf die After Sales Prozesse. Beispielsweise werden Geschäftsprozesse wie die Serviceabwicklung oder die Reklamation online und digital über Apps durchgeführt. Eine weitere Möglichkeit ist eine After Sales Service Plattform, um Servicebedarfe von Kunden und das Angebot von Lieferanten von Ersatzteilen sowie Dienstleistern wie Werkstätten zu vermitteln und ganzheitliche Lösungen für den jeweiligen Kunden zu finden [90].

3.1.2 Einheitliche Plattformen für die kollaborative Planung

Aus den Erkenntnissen der Desktop-Research kann die verbreitete Nutzung von Clouds im unternehmerischen Umfeld identifiziert werden, die eine weitergehende kollaborative Planung zwischen Unternehmen der Wertschöpfungskette ermöglicht. Dabei vernetzt eine digitale Plattform die an der Lieferkette beteiligten Akteure und stellt zur Erreichung bestimmter Zwecke die notwendige digitale Infrastruktur zur Verfügung [91]. Während eine Plattform Hardware- und Software-Tools für die Kollaboration über das Internet bereitstellt, wird bei einer Cloud die Kollaboration cloud-basiert ohne lokale IT-Infrastruktur durchgeführt [92].

So nutzt BASF einerseits eine Virtual Experiments Plattform, die Labordaten aus Tests und Experimenten anhand eines digitalen Datenmodells erfasst, analysiert und den experimentierenden Tester bei seinem eigentlichen Arbeitsprozess unterstützt. Andererseits nutzt der Chemiekonzern eine Cloud Planning Plattform, die es erlaubt, notwendige Daten mit Kunden in Echtzeit auszutauschen. Dabei wird das Potenzial

einer gemeinsamen Nutzung der Plattform ausgeschöpft, um Beschaffungs- und Produktionspläne zu synchronisieren und zu berechnen. Durch die Plattform kann die Planung größtenteils automatisiert erfolgen und vorgelagerte Partner in Echtzeit mit Nachfrage- und Lieferplänen versorgt werden, sodass die gesamte Lieferkette orchestriert werden kann [93].

Ein viel beachtetes Leuchtturmprojekt der deutschen Automobilindustrie, welches auch den Grundgedanken des kollaborativen Planens, aber auch der förderierten Datennutzung aufgreift, ist das vom BMWK geförderte Catena-X Automotive Network. Das Projekt unterstützt den Aufbau eines Datennetzwerkes, welches den Prinzipien der Datensouveränität und des Datenföderalismus folgt. Dadurch soll über die gesamte automobilen Wertschöpfungskette ein durchgängiger Datenaustausch erzeugt werden, um somit die Wirtschaftlichkeit aller Netzwerkpartner zu sichern [94].

Die Grupo Antolin – ein spanischer Automobilzulieferer – nutzt seine sogenannte Open Innovations Plattform dazu, den Innovationsprozess von Produkten und Services an externe Wettbewerber abzugeben. Durch das Einholen von unternehmensexternen Meinungen sowie Ideen zur Problemlösung sollen Innovationen für die digitale Transformation der Automobilbranche entwickelt und konzeptioniert werden. Nach einem mehrstufigen Prozess werden dann die besten Ideen aufgegriffen und weiterentwickelt [91].

Eine Digitalisierung der Prozesse des After Sales Services lässt sich insbesondere bei Fahrzeugherstellern beobachten. Damit einher geht eine Verschiebung der Kontaktpunkte zu den Kunden, mit parallelem Effekt auf die After Sales Prozesse. Beispielsweise werden Geschäftsprozesse wie die Serviceabwicklung oder die Reklamation online und digital über Apps durchgeführt. Eine weitere Möglichkeit ist eine After Sales Service Plattform, um Servicebedarfe von Kunden und das Angebot von Lieferanten von Ersatzteilen sowie Dienstleistern wie Werkstätten zu vermitteln und ganzheitliche Lösungen für den jeweiligen Kunden zu finden [90].



3.1.3 Data Science für eine höhere Planungssicherheit

Data Science Methoden haben das große Potenzial, die Daten aus den Planungsplattformen und Clouds bedarfsgerecht zu analysieren und aus ihnen Erkenntnisse für die Verbesserung von Wertschöpfungsprozessen zu ziehen. So verwendet der deutsche Chemiekonzern BASF beispielsweise Big Data Analysen, um Forschungsergebnisse zügig in wettbewerbsfähige Innovationen zu transformieren [93].

Verfahren, die der Künstlichen Intelligenz (KI) zugesprochen werden, verwenden große Datenmengen, um wiederkehrende Muster für die (automatisierte) Entscheidungsunterstützung zu erlernen. Deutsche Unternehmen in der Fertigungsindustrie sind führend bei der Nutzung dieser KI-Verfahren. Insbesondere werden KI-Elemente in den Einsatzgebieten intelligente Wartung, Kontrolle der Produktqualität und in der Bedarfsplanung genutzt. Danone setzt eine KI-basierte Bedarfsprognose ein, welche Prognosefehler und Umsatzeinbußen durch die Vorhersage von Nachfrageschwankungen reduzieren konnte [95].

Die Software des KI-Spezialisten Blue Yonder, unterstützt größere Einzelhändler wie Otto, Kaufland, DM und WM Morrison bei der Warenbestandsoptimierung [96]. Die Bedarfsplanungsengine von Blue Yonder sammelt interne und externe Daten und wertet diese hinsichtlich der Abstimmung zwischen Angebot und Nachfrage aus, indem Bedarfsverschiebungen in Echtzeit abgeglichen und aus den Erkenntnissen autonom Entscheidungen getroffen werden.

Ein weiteres Beispiel liefert der Reifenhersteller Bridgestone. Der Hersteller prüft die Einheitlichkeit der Produkte durch eine automatisierte und auf KI basierende Qualitätskontrolle, welche die Produktqualität um über 15% verbessern konnte [95]. Ebenfalls im Rahmen der Qualitätskontrolle steigert eine Bilderkennungs- und verarbeitungstechnologie die Produktivität bei Volkswagen. Durch das Verfahren der Industrial Computer Vision werden optische Daten aus der physischen Fertigung von KI-Verfahren ausgewertet. So kann unter anderem die Richtigkeit der angebrachten Etiketten nach länderspezifischen Auflagen geprüft werden [97].

Liegt Transparenz über die Lieferkette vor, ist es naheliegend, Risikoeffekte auf die Lieferketten zu analysieren. Hierfür gibt es eine ganze Reihe von neuen Unternehmen und Start-ups innerhalb des Marktes, die weltweite Informationsquellen nach Wetterphänomen, Kriegsaktivitäten und regionalen Unfällen scannen sowie durchsuchen. Dabei wird teils auf Web-Crawling Techniken zurückgegriffen, bspw. zum Parsen von Twitter Nachrichten, teils werden Mitarbeiter lokal eingesetzt, die täglich die Regionen analysieren. Dazu zählen Startups wie prewave oder riskmethods (Übernahme durch Sphera [98]), die SaaS-Lösungen für innovative Risiko-Intelligenz bereitstellen. So unterstützt der Anbieter Prewave verschiedene

Unternehmen wie Porsche, Kärcher und BMW mit Web-Crawling Techniken. Neben Risikomonitoring in der Lieferkette und Monitoring von Cyber-Attacken werden dabei Nachhaltigkeitsrisiken für direkte Lieferanten und tieferen Lieferkettenstufen analysiert. Bei der Technologie werden lieferantenbezogene Nachrichten aus öffentlich zugänglichen Medien in mehr als 50 Sprachen aus über 150 Ländern abstrahiert [99].

Weitere Start-ups haben sich entwickelt, um Engpässe bei leeren Containern frühzeitig festzustellen. Diese Informationen können dann gegen die Lieferketten gespiegelt werden, um daraus Rückschlüsse auf die Lieferkette zu ziehen. Für große Reedereien ist dies zwar bereits Teil ihres Geschäftsmodells, allerdings agieren die Start-ups unabhängig von einzelnen Reedereien und können dem Kunden somit eine größere Bandbreite an Informationen liefern [100].

3.1.4 Simulation in der Bestell- und Auftragsabwicklung

In der Automobilbranche finden sich Beispiele für die Simulation von Auftragsabwicklungs- und Supply Chain Prozessen. VW-Nutzfahrzeuge hat in einem Pilotprojekt das ereignisdiskrete OTD-NET Simulationstool für das gegeneinander Abschätzen von Transport- und Kapazitätsverschiebungen erprobt. Dabei wurden in einem kollaborativen Ansatz verschiedene Szenarien untersucht und bewertet, sodass die Effizienz von internationalen Produktionsdreh scheiben erhöht werden konnte [101]. Eine Bewertung der verschiedenen Szenarien nach deren Effizienz kann anhand eines Indexes für die Supply Chain Resilienz erfolgen [102].

Ein weiterer, sich ähnelnder Ansatz, der ebenfalls bei Volkswagen prototypisch angewendet wird, ist die vorausschauende Absatzplanung und Kapazitätsbereitstellung mittels Simulation und die Überprüfung von Szenarien. Dabei ist ein modularer Prozessbaukasten – das sogenannte SmartDCM – für ein proaktives automobiles Bedarfs- und Kapazitätsmanagement erarbeitet worden, der eine prozessuale Veränderung und einen Ansatz für ein effizientes Informationsmodell impliziert. Außerdem ist angedacht, eine Software-Suite zu entwickeln, die sowohl das SmartDCM als auch das effiziente Informationsmodell kombiniert [103].

Llamasoft, ein Softwareentwickler, hat ein Softwaretool vorgestellt, welches Komponenten und Einflussfaktoren mit Daten von verschiedenen Berührungspunkten entlang der Lieferkette simuliert, um Risiken minimieren zu können. Die Supply Chain wird durch einen digitalen Zwilling dargestellt, wodurch Szenarien verglichen und geplant werden können, um Schwachstellen in der Lieferkette zu visualisieren. Ein Beispiel aus der Elektrobranche zeigt, dass der Ansatz der Simulation mit Hilfe eines digitalen Zwillings in einem Pilotprojekt die Optimierung des Lagers und Senkung der Lagerhaltungskosten unterstützt [104].

Weiterhin wird das Metaverse schon jetzt in den Bereichen Konstruktion, Produktionsplanung und im Vertrieb genutzt, um ein immersives und kollaboratives Arbeiten in einem digitalen Umfeld zu ermöglichen – so auch in der Automobilbranche, in der das Metaverse disruptiv Einfluss erhalten wird [105]. Beispielsweise nutzt das chinesische Entwicklungs- und Fertigungsunternehmen für intelligente Autos PIX Moving das Metaverse sowie die Virtual Reality, um produktionstaugliche Autos in Hackathons zu entwickeln.

BMW nutzt die NVIDIAs Omniverse Software, um digitale Zwillinge der Produktionsprozesse in einer virtuellen Fabrik darzustellen, um das Prototyping zu beschleunigen. Hyundai setzt Unity, ursprünglich eine Plattform für die Spieleentwicklung, für den Aufbau einer Meta-Fabrik ein, um die physischen Anlagen des Unternehmens in einem digitalen Zwilling abzubilden [106]. Der indische Mahindra & Mahindra-Konzern und der Fahrzeughersteller Honda haben des Weiteren Showrooms und Repräsentanzen im Metaverse eröffnet, in denen die Fahrzeugkonfiguration und der Kauf von echten Neuwagen erlaubt wird. Andere Hersteller und größere Zulieferer bieten über das Metaverse im Marketing virtuelle Testfahrten oder das Probesitzen in fertiggestellten Fahrzeugen mittels Virtual Reality an [107].

3.2 Transformation durch technologische Entwicklung erfordert Fachkräfte mit Digitalisierungserfahrung

Durch die digitale Transformation und die technologischen Entwicklungen in der Industrie sind digitale Fachkompetenzen gefragt. Einer Studie zufolge wird sich dieser Umstand deutlich auf die Arbeitsmärkte auswirken [37]. Betroffen von dieser Art des Fachkräftemangels ist vor allem das produzierende Gewerbe. Speziell in der Automobilbranche werden mehr IT-Experten als Ingenieure nachgefragt, was vorwiegend durch die vorbeschriebenen Trends rund um das autonome Fahren hervorgerufen wird [108].

Darüber hinaus werden Führungskräfte mit Digitalisierungserfahrung verstärkt nachgefragt. So wird bei General Electric die nachhaltige digitale Transformation durch die aktive Suche nach Führungskräften mit schon vorhandenen Erfahrungen in der Digitalisierung forciert. Hintergrund ist die strategische Zielsetzung des durch Industriegüter geprägten Unternehmens, sich in Richtung datenbasierten Dienstleistungsunternehmens zu wandeln. Dies geht mit umfassenden Maßnahmen einher, die neben der Etablierung von Software-Häusern und Start-up-Netzwerken auch die Unternehmenskultur zur Etablierung eines Entrepreneurship-Geistes auf allen Ebenen sowie die Einstellung von Führungskräften mit Digitalisierungserfahrungen angestrebt [88].



Einer Studie zufolge geht es in agil arbeitenden Unternehmen darum, die besten Fachkräfte einzustellen und ihnen Vertrauen zur Ausübung ihrer Verantwortlichkeiten zu übertragen [109]. Die Beschäftigung von Führungskräften mit Digitalisierungserfahrung folgt teils dem Prinzip des Digital Leaderships, bei dem die digitale Transformation aus dem oberen Management angestoßen wird und dabei das kognitive Verhalten und emotionale Profil der Führung beeinflusst, welches ein gewisses Bewusstsein für die Digitalisierung erfordert [110]. Das Digital Leadership orientiert sich an Führungsprinzipien und Leitsätzen großer IT-Unternehmen (bspw. Google, Apple oder Microsoft) [111]. Das Bewusstsein für Digitalisierung wurde bei Volvo Cars aktiv nach der Übernahme von Geely geschaffen, indem jede Führungskraft eine persönliche Schulung zur Digitalisierung erhalten hat. Außerdem sind digitale Talente sowohl von Google und Nokia sowie diversen digitalen Start-ups engagiert worden [109]. Insgesamt kann in der Automobilbranche beobachtet werden, dass Mitarbeiter mit digital-induzierten Fähigkeiten aus anderen Branchen insbesondere bei größeren OEMs wieder rekrutiert wurden [37].

3.3 Transformation durch Kreislaufwirtschaft und Steigerung der Energieeffizienz

Aufgrund regulatorischer Vorschriften, aber auch durch intrinsische Motivation, werden Maßnahmen umgesetzt, um Prozesse in und zwischen Unternehmen umweltfreundlicher zu gestalten und gesetzte Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Insbesondere die Kreislaufwirtschaft und die Steigerung der Energieeffizienz wurden dabei als wichtig erachtet.

In Klug (2018) werden im Kontext der Kreislaufwirtschaft speziell die anfallenden Logistikdaten angesprochen, die während des Lebenszyklus eines Produktes entstehen. Diese sollten gesammelt, transformiert und allen Nutzern bis zum Verbrauch des Produktes über ein flexibles Datenmanagementsystem zur Verfügung gestellt werden, um dieses Wissen während des Produktlebens beispielsweise in einer digitalen Fabrik und auch am Lebensende des Produktes nutzen zu können. Dabei können schon gesammelte Daten beispielsweise nicht nur beim Produktionsstart eines neuen Fahrzeugs, sondern vielmehr im After Sales Bereich dienen [112]. Beispielsweise hat der deutsche OEM Mercedes-Benz eine Kooperation mit dem englischen Softwareentwickler Circular geschlossen, um die Transparenz über den CO₂-Verbrauch entlang der Kobalt Lieferkette zu verbessern, wobei ein Blockchain-basiertes System verwendet wird. Dadurch sollen alle entstehenden CO₂-Emissionen erfasst werden, um langfristig Stoffkreisläufe schließen zu können [113]. Bei der Sammlung von Logistikdaten entlang des Produktlebenszyklus können beispielsweise Grundsätze des International Data Space (IDS) angewandt werden, um Informationen über den Materialgehalt von Produkten über deren Lebensende hinaus bereitzustellen, um dadurch Logistikkonzepte zur Steuerung der Materialflüsse anzupassen [114].

Es gibt einige Prototypen erfolgreich gestalteter kreislaufwirtschaftlicher Prozesse aus der Industrie. Der französische Reifenhersteller Michelin Group recycelt beispielsweise 17 Millionen Reifen jedes Jahr, wobei die Altreifen in Granulat verarbeitet werden, welches in Mikropulver umgewandelt wird. Das Mikropulver wird wiederum als Rohstoff für neue Reifen verwendet. Gleichzeitig wird Synthesegas abstrahiert, das nach Umwandlung in Alkohol für Kraftstoff verwendet werden kann [115].

Der deutsche Automobilbauer Audi folgt diesem Beispiel, indem er Aluminiumblech-Verschnitte aus seinem Presswerk direkt über seine Lieferanten recycelt, um diese als neue Aluminiumbleche wieder zu verwenden [116]. Dabei werden Blechverschnitte aus aktuell zwei Presswerken an nahegelegene Aluminium-Lieferanten für die Wiederverwertung zurückgesendet. Da bis zu 95 % weniger Energie bei Sekundär-Aluminium verbraucht wird, konnte Audi seit der Einführung im Jahr 2017 rund 525.000 CO₂ einsparen [117].

Außerdem testen Audi und seine Partnerunternehmen die Wiederaufbereitung von ausrangiertem Autoglas, welches bislang lediglich in Getränkeflaschen oder Dämmmaterial recycelt wurden [118]. Die Partner führen bereits verwendetes Autoglas in den Kreislauf für Autoglas zurück, um so 30 % des CO₂ Ausstoßes der Glasproduktion einzusparen [119]. Durch die Erhöhung des Sekundärmaterials, sollen vor allem CO₂-Emissionen sukzessive reduziert werden, da sich durch den Umstieg auf die Elektromobilität insgesamt gesehen der Anteil der CO₂-Emissionen vergrößert, der auf die Lieferkette entfällt [116].

Ein weiteres Beispiel betrifft nicht nur wie in den vorgenannten Fällen bestimmte Komponenten des jeweiligen Endproduktes, sondern versucht durch die Wiederverwendung alter Bauteile und Elemente mit einem hohen Recyclinganteil möglichst den Stoffkreislauf zu schließen. Der französische Autobauer Renault beabsichtigt Bauteile wie Getriebe oder Turbokompressoren wiederaufzubereiten. Durch diesen Remanufacturing-Ansatz soll die Lebensdauer von Fahrzeugen und Komponenten sowie Materialien verlängert werden. Die Idee stützt sich auf ein Ökosystem von Partnerunternehmen, um alte Teile abzuholen, zu zerlegen, prüfen und wieder zusammenzubauen, um diese als Originalteile mit Garantie innerhalb des Renault-Vertriebsnetz weiterzuverkaufen [120].

Weiter beschäftigen sich Unternehmen zunehmend mit der Erhöhung der Energieeffizienz. Zwar haben europäische Autohersteller ihren Energieverbrauch seit 2006 um 23% reduzieren können, dennoch wirkt sich die zunehmend komplexer werdende Fahrzeugproduktion negativ auf den Energiebedarf aus. Somit arbeiten Hersteller stetig an einer Verbesserung ebendieser [121]. Exemplarisch werden spezielle Energieregistrierungs- und Überwachungssysteme vorgeschlagen, um Energie durch das Ausschalten von Licht, Klimaanlage oder

Ventilatoren zu sparen. Weiterhin wird auch die Fabrik- und die Landschaftsgestaltung außerhalb von Werksgebäuden ins Spiel gebracht, um durch eine passende Begrünung an heißen Tagen das Innere der Gebäude zu kühlen [122]. Diesem Prinzip folgt auch die BMW Group, die durch eine Neugestaltung des Stammwerks München u.a. mithilfe von neu gestalteten Grünflächen das Mikroklima des Werks regulieren soll [123].

Außerdem wurden bei der Volkswagen Gruppe cyber-physische Produktionssysteme prototypisch zur Auswahl von neuen Anlagen und Maschinen getestet, indem Daten während des Betriebs gesammelt worden sind, um so Rückschlüsse für Neuanschaffungen zu bekommen und Potenziale zur Energieeinsparungen zu identifizieren [124]. Auch außerhalb von Fabriken werden Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz getestet: Beispielsweise ist ein intelligentes Optimierungs- und Automatisierungssystem für das Energiemanagement eines italienischen Wohnviertels getestet worden, bei dem verschiedene Szenarien für Energieeffizienzmaßnahmen bewertet werden und darauf aufbauend ein optimales Energiemanagement forciert wird [125].



4. Derzeitige Ansätze zur Transformation mit Einfluss auf die Auftragsabwicklung

Im Rahmen der durchlaufenen Krisen in den letzten Jahren wurden weitere Transformationen in der Industrie angestoßen. Um die aktuellen Änderungen in der Industrie zu identifizieren, wurden Interviews mit Experten aus unterschiedlichen Branchen geführt.

Im Rahmen der Interviews wurde ersichtlich, dass sich die Unternehmen durch die Krisen verstärkt mit Anpassungsmaßnahmen beschäftigt haben. Insbesondere wurde „die Intensität angepasst, mit der sich mit Risiken auseinandergesetzt wird“ (Exp.). Durch die Häufung der Ereignisse bezeichneten Interviewpartner die jüngsten Krisen bereits als „Stapel-Krise“ (Exp.). Dennoch wurde die Wandlungsfähigkeit der Fertigungsindustrie hervorgehoben und die Frage nach dem Risikomanagement im positiven Sinne in Richtung eines Chancenmanagements ergänzt. Die aufgekommenen Krisen geben Impulse zum Umdenken von etablierten Prozessen und fördern so innovative Umgestaltungen und neue Ansätze. Durch die Beschaffenheit der letzten Krisen und aktuelle technologische Entwicklungen betreffen anvisierte Transformationen insbesondere die Beschaffung, die Förderung der Digitalisierung und die Automatisierung zur Begegnung des Fachkräftemangels sowie die Einbindung von Nachhaltigkeit in der Lieferkette. Die Resultate aus den Interviews zeigten verschiedene Ergebnisse, die teils die beschriebenen Trends aufgreifen und teils auf den genannten Transformationsansätzen der Literatur aufbauen.

4.1 Transformation der Beschaffung

Die hohe Belastung der Lieferketten hat die Unternehmen dazu bewogen, ihre Konzepte der Beschaffung zu überdenken. In einigen Fällen wurden gegenläufige Ansätze wie Just-in-Case Bestandshaltung angedacht, die dann für einzelne Produkte beibehalten wurden, bei anderen wurde wieder auf ursprüngliche (Lean-) Strategien zurückgeschwenkt. Insgesamt wird der Aufbau von Resilienz durch die erhöhte Risikowahrnehmung stärker beachtet und somit werden Dual- oder Cross-Sourcing-Strategien eingesetzt, eine Regionalisierung im Sinne von

Glocalisierung angestrebt und strategische Lieferantenverträge eingegangen. Zusätzlich verschiebt eine weitergehende Digitalisierung den Kundenentkopplungspunkt von Produkten mit entsprechendem Einfluss auf die Beschaffung. Die Themenfelder der Transformation in der Beschaffung werden nachfolgend erläutert.

4.1.1 Einbindung von Resilienzstrategien im Lean-Ansatz durch erhöhten Risikofaktor

Ein Schwerpunkt der Interviews lag auf dem Thema der Versorgungssicherheit. Aus den Antworten zeichnete sich ab, dass die Resilienz im Beschaffungsvorgang einen anderen Stellenwert bekommen hat. Risiken und die Effekte von Schwierigkeiten in der Lieferkette auf die Produktion wurden in den Krisenzeiten ersichtlich und beeinflussten die Entscheidungen der Einkäufer. Wurde der Einkauf zuvor vorwiegend durch Kosteneinsparungen gesteuert, ist es nun die Resilienz, welche die Beschaffungsentscheidungen überlagert.



Früher war der Einkauf sehr stark geprägt von Kosten: von Logistikkosten und Herstellkosten. Jetzt überprüfen wir aus der Erfahrung der Corona-Pandemie heraus prinzipiell unsere gesamte Lieferkette unter dem Gesichtspunkt der Teileverfügbarkeit. Um eine Absicherung oder Verbesserung hinzubekommen, wird das gesamte Liefernetzwerk modifiziert.

(Exp.)

Durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie hat sich die Unsicherheit entlang der Lieferkette drastisch erhöht. Wirkliche Probleme in der Materialverfügbarkeit spüren die Unternehmen durch die Häufung der Ereignisse insbesondere bei Engpässen, da die vorhandenen Bestände in den Lieferketten aufgebraucht sind. Dadurch schlägt nun jede Unterbrechung, jede Verzögerung direkt durch.



Wenn ein Disponent entscheiden muss, lasse ich es jetzt kommen und es kommt zwei Tage zu früh oder warte ich noch, weil ich den Bestand nicht im Lager haben will, dann ist momentan die Entscheidung, es kommen zu lassen.

(Exp.)

Viele Unternehmen haben, wenn möglich, mit Bestandsaufbau reagiert. Allein durch die reduzierte Pünktlichkeit der Schiffs Transporte folgte ein Aufbau der Sicherheitsbestände, um trotz der Schwankungen der Transportanlieferzeiten die Produktion am Laufen zu halten. Dieses Verhalten hat sich entlang der Lieferkette fortgesetzt, um trotz erhöhter Unsicherheit in der Lieferkette die Lieferfähigkeit aufrecht zu erhalten. Als Folge dieses Verhaltens konnte in der Lieferkette nahezu lehrbuchartig der Bullwhip-Effekt nachvollzogen werden.



Seit Jahren wurde sich auf Ansätze wie Just-in-Time, Just-in-Sequenz, wenig Lagerbestand und Warehouse-on-Wheels fokussiert und das prägte die Industrie in den letzten beiden Jahrzehnten. Das ändert sich gerade. Bestand zu haben war immer schlecht und vor allem Kapitalbindung wurde vermieden. Das spielt momentan eine untergeordnete Rolle.

(Exp.)

Da sich viele Unternehmen auf schlanke Prozessabläufe ausgerichtet haben, führte ein zusätzlicher Bestandsaufbau zum Überlauf von Lagerkapazitäten. Durch die gestiegene Nachfrage an externen Lagerkapazitäten erhöhten sich die Preise auf bis zu 7,50 € pro m² Lagerfläche [126].

Dennoch ist am Prinzip der schlanken Prozessabläufe festzuhalten, da sie wichtige betriebswirtschaftliche Prinzipien bei der Gestaltung eines Produktionssystems und der Lieferkette beinhalten. Die darin eingebundenen Bestände erhöhen sich jedoch je nach Risikoeinschätzung und Unsicherheit in der Lieferkette.



Für diese Just-in-Time-Prozesse haben wir klare Standard Prozess-Definitionen und Entscheidungskriterien. Dazu zählen die Sperrigkeit des Materials, die Anzahl der Varianten und natürlich Handlings-Aufwand und Vorratsfähigkeit. Das heißt, Just-in-Time Sequenzketten, die wir aufgesetzt haben, sind immer ein Ergebnis von der optimalen Kosten-Versorgungs-Entscheidung.

(Exp.)

Die im JIT-Prozess eingebundenen Bestände erhöhen sich jedoch je nach Risikoeinschätzung und Unsicherheit in der Lieferkette. Zudem verändert sich die optimale Kosten-Versorgungs-Entscheidung, wenn sich Variablen wie die Transportkosten ändern. Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Containerkosten und den hohen Anstieg ab Juni 2020, nachdem es durch Verzögerungen an Häfen zur Verknappung der Container im Kreislauf kam.

Um den Bestandsaufbau in der Lieferkette trotz der Unsicherheiten möglichst gering zu halten, verwendeten Unternehmen eine Kopplung verschiedener Strategien:

Bedarfsgerechte Bevorratung für ausgewählte Baugruppen durch zeitliche Puffer

Es erfolgt kein Aufbau von Sicherheitsbeständen, sondern bei den Lieferanten wird nur das bestellt, was wirklich benötigt wird. Stattdessen wird mit zeitlichen Puffern gearbeitet, indem die Wiederbeschaffungszeit erhöht wird, insbesondere bei Containerlieferungen aus Asien.

Längere Freigaben für die Beschaffung von Vormaterialien durch den Lieferanten

Verlängerung der Beschaffungsfreigaben für den Lieferanten gekoppelt mit Abnahmegarantien für die Materialien ermöglichen dem Lieferanten seine Bestände zu erweitern und flexibler einzusetzen. Parallel wird zusätzlicher Bestandsaufbau beim Produzenten verhindert. Eine gleichzeitige Kürzung von Fertigungsfreigaben ermöglicht es dem Produzenten die Versionierung von Komponenten zu sichern und somit flexibel

Containerkosten

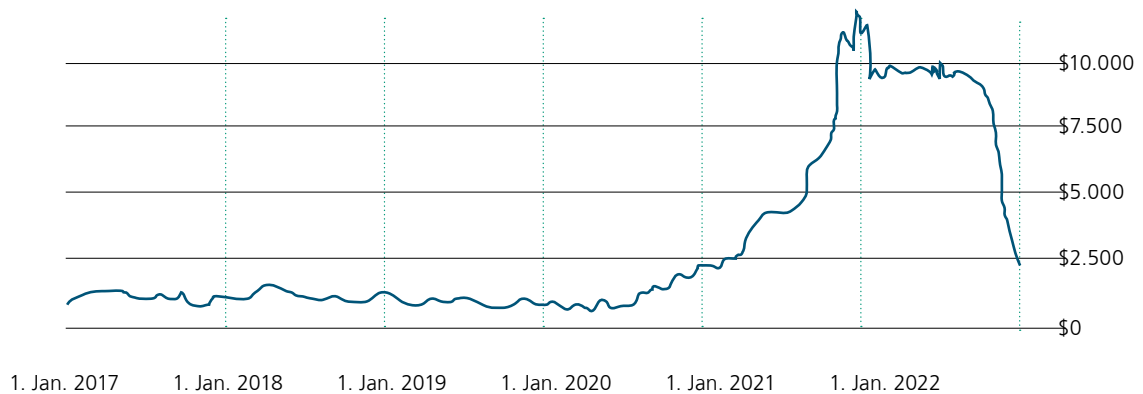


Abbildung 8: Index der Containerkosten von Freightos [127]

auf Nachfrageschwankungen einzugehen. Sinnvoll ist diese Vorgehensweise bei regionalen Lieferanten, bei denen der Transportweg einen geringeren Risikofaktor aufweist.

Aufsetzen von Projekten für Fokuslieferanten

Während Projekte mit Lieferanten ehemals Themen Qualität -und Prozessverbesserungen in den Fokus rückte, ist es im Krisenmodus notwendig, die Verfügbarkeit von Materialien sicherzustellen und mögliche Engpasssituationen mit Lieferanten zu diskutieren.

4.1.2 Anstieg der Unsicherheit in der Lieferkette erhöht den Anteil des Dual- oder Cross-Sourcings

Um sich vor Engpässen bei kritischen Teilen und Komponenten zu schützen, wird von vielen Unternehmen das Dual-Sourcing verstärkt eingesetzt. Um die Anzahl an Lieferanten im möglichst geringen Umfang zu erhöhen, werden dabei Cross-Sourcing Optionen bevorzugt. Das Cross-Sourcing vereinfacht neben Qualitäts- und Zertifizierungsprozessen geringere Abstimmungsaufwände. Dennoch wird insbesondere bei Volumenumfängen der Großteil weiterhin vom kostengünstigeren Lieferanten bezogen, so dass durch Dual- und Cross-Sourcing keine erhöhte Regionalisierung der Produktion zu erwarten ist.



Ein Produkt wird nun nicht nur offshore beschafft, sondern parallel wird ein regionaler Hersteller gesucht, auch wenn der kleiner und teurer ist. Dieser deckt dann nur einen kleinen Teil ab, kann aber im absoluten Notfall mehr produzieren.

(Exp.)

Um geeignete Lieferanten zu identifizieren, reicht in einigen Fällen ein Blick in die Bestellhistorie der Teilenummer. In anderen Fällen muss gezielt eine Suche nach geeigneten Lieferanten angestoßen werden. Diese Suche nach neuen Lieferanten kann sich dabei als sehr zeitaufwändig erweisen, insbesondere wenn Unternehmen bestimmte Qualifikationskriterien von einem Lieferanten benötigen. In einigen Industriezweigen werden zudem bestimmte Zertifizierungen, Umweltzertifikate oder Herstellernachweise notwendig, die über lokale oder regionale Lieferanten teils nicht erbracht werden können. Das über die EU geförderte Projekt CO-VERSATILE unterstützt den Zertifizierungs- und Schulungsprozess bei der Anbindung neuer Lieferanten [128]. Dennoch fehlt es aktuell an geeigneten Plattformen oder Services, die eine Lieferantensuche vereinfachen.

4.1.3 Regionalisierung zur (Transport-)Risikominimierung, als Antwort auf De-Coupling und zur Befähigung von Circular Economy

Die verschiedenen Krisen hatten eine starke Auswirkung auf die Verfügbarkeit von Containern und Transportkosten. In der Seefracht sowie im Landtransport sind die Frachtraten enorm angestiegen. Zwar ist der Höchstwert der Containerfrachtraten vom 3. Quartal 2021 überschritten, dennoch liegen die Frachtraten mit einem 2,5-fachen Kostenfaktor weit über denen von 2019 [129]. Zudem hat sich die Euphorie der Lieferungen aus asiatischen Märkten aus der Risikobetrachtung heraus relativiert. Während in der Vergangenheit Risikokosten nicht adäquat berücksichtigt wurden, werden durch das steigende Risikobewusstsein die Entscheidungen überdacht. Geopolitische Einflüsse auf die Lieferketten haben verschiedene Unternehmen dazu motiviert, Lieferanten unter Aspekten der Risikobetrachtung neu zu bewerten.



Wir haben an unterschiedlichen Stellen Lieferketten umgestaltet und verschiedene Lieferanten gewechselt. (Exp.)

Als Reaktion auf mögliche geopolitische Blockbildung, der Verknappung der Transportkapazitäten sowie durch CO₂-Berechnungen, stehen Unternehmen vor der Frage, weiterhin Material und Komponenten weltweit zu sourcen oder regionale Netze aufzubauen, mit dem Vorteil von kürzeren und verlässlicheren Transportwegen. Daraus resultieren vermehrt kleinere regionale Netzwerke für bestimmte Komponenten oder Teilesets, die weiterhin global miteinander verbunden sind.

Diese regionalen Netzwerke bieten eine Grundlage zum Aufbau von Circular Economy Ansätzen. Aufgrund notwendiger langer Partnerschaften zeigt die Erfahrung, dass sich Kreisläufe der Circular Economy in regionalen kleinen Netzwerken aufgrund der engen Partnerschaften besser etablieren lassen. Beispiele hierfür bietet der Aluminium Closed Loop Ansatz von Audi für die Presswerke Ingolstadt und Neckarsulm. Darüber hinaus benötigt es regionale Kreisläufe, um die Einsparungen trotz CO₂-Verbrauch der zusätzlichen Transporte aufrecht zu erhalten. Weitere Pilotprojekte auf Basis regionaler Kreisläufe existieren in der Glasverwertung zwischen Partnerunternehmen Reiling Glas Recycling, Saint-Gobain Glass und Saint-Gobain Sekurit (vergleiche Kapitel 4.3).

4.1.4 Strategische Lieferantenverträge durch Rohstoffknappheit sowie auf Basis gemeinsamer Interessen

Neben den strategischen Partnerschaften, die durch die Circular Economy aufgebaut werden, kam im Rahmen der Diskussionen der Halbleiterkrise die Frage nach der Notwendigkeit von branchenübergreifenden strategischen Partnerschaften mit großen Playern der IT-Branche abseits von Lieferanten auf. Durch solche Partnerschaften könnte ein Vorteil im Management der Software in hybriden Produkten als auch in der Beschaffung knapper Halbleiter-Ressourcen für digitalisierte Produkte durch die Fähigkeiten der Partner und deren Einkaufsmacht gesehen werden. Dies hat sich im Rahmen der geführten Interviews nicht bestätigt. Strategische Partnerschaften mit Lieferanten solcher Komponenten sind davon unbenommen. Zudem fördert der Ausbau der E-Mobilität den Aufbau von strategischen Partnerschaften. Zum einen ist der Markt der Hersteller für E-Mobilität noch sehr gering, zum anderen benötigt die Herstellung von Batterien knappe Rohstoffe, darunter Kobalt und Lithium. Beide Faktoren bedingen eine frühzeitige Einbindung von Lieferanten in die Lieferkette. In Verbindung mit dem Ansatz der Circular Economy kann festgehalten werden, dass strategische Partnerschaften mit einzelnen Anbietern auf Basis gemeinsamer Interessen gebildet werden.

Dabei ist für den Produzenten zu bedenken, dass die Wechselbarkeit für die Komponente sowohl downstream als auch upstream eingeschränkt wird. Insbesondere bei der Festlegung auf einzelne Digitalisierungskomponenten muss bedacht werden, dass diese in die IT-Welt des Endprodukts eingebunden sind. Diese Kopplung der IT-Systeme stärkt die Bindung an den Anbieter. Die Änderungsflexibilität kann jedoch durch die Weiterentwicklung von Plattformansätzen mit Apps als Servicekomponenten wiedergewonnen werden (siehe Kapitel 4.2.1).

4.1.5 Zunehmende Standardisierung von Produkten führt zur Verschiebung des Kundenentkopplungspunktes

Im Rahmen der Diskussionen zur E-Mobilität wurde eine erhöhte Standardisierung der Produkte angesprochen. Dies beruht zum einen auf einer geringen Anzahl an Herstellern und somit einer geringeren Möglichkeit der Variantenbildung, als auch auf einer Verschiebung des Kundenentkopplungspunktes durch vermehrte Digitalisierung des Endprodukts in Segmenten mit hohen Verkaufsvolumina. Durch eine Standardisierung der Hardwarekomponenten in Kombination mit einer Variantenbildung über die Digitalisierung wird anvisiert, die Komplexität in den Produkten zu reduzieren.

Diese Komplexitätsreduktion vereinfacht eine Unterteilung zwischen Gleichteilen und Komponenten zur Variantenbildung und unterstützt Segmentierungsansätze der Supply Chain. Durch eine Unterteilung in lean, reaktionsfähige und agile

Supply Chain Strategien, können proaktiv geopolitische Einflüsse in die Beschaffungsprozesse einbezogen werden.

4.2 Transformation durch Digitalisierung

Bereits vor der Corona-Pandemie wurde die Digitalisierung der Prozesse angestrebt und vorwiegend in der Produktion vorangetrieben. Die Bedeutung der Digitalisierung innerhalb der Lieferketten hat durch die verschiedenen Krisen einen speziellen Anstoß erhalten. In der Literatur wurde bereits auf ein durchgängiges Datenmanagement über mehrere Lieferantestufen hinweg zur Erhöhung der Flexibilität und Effizienz der Lieferkette hingewiesen [130,131]. Wurde die Teileverfügbarkeit in der Produktion zuvor als selbstverständlich angesehen, so wurde die Aufgabe der Teilelogistik und die globalen Zusammenhänge durch die Pandemie vielen erst verständlich.

In vielen Unternehmen wurden Task Forces gegründet, um sich mit den Lieferanten zu koordinieren und die Teileverfügbarkeit anhand von wöchentlichen Meetings (Videocalls und Telefonate) sicherzustellen. Je nach Lieferstruktur wurde zudem das Lieferantenspektrum von Tier 1 auf Tier 2 ausgeweitet, um frühzeitig Störungen und resultierende Engpässe zu erkennen. Unternehmen, die durch ein geeignetes Risikomanagement der Bestandsplanung in der Lieferkette frühzeitig eskalieren konnten, hatten während der Pandemie einen klaren Vorteil. Somit konnten drei bis vier Monate im Voraus Gespräche mit Lieferanten angestoßen werden, um verfügbare Kapazitäten zu reservieren.

4.2.1 Digitalisierung und automatisierte Verarbeitung von Daten zur Schaffung von Transparenz für die Planung und Risikobewertung

Digitalisierung und Ansätze der KI unterstützen den Koordinationsprozess mit Lieferanten maßgeblich. Üblicherweise erfolgen Bedarfsmeldungen und eine Rückmeldung der Lieferfähigkeit des Lieferanten bereits digital. Zusätzlich wird eine erweiterte Digitalisierung zum Austausch von Bestandsinformationen bei essenziellen, kritischen Lieferanten gewünscht. Eine große Herausforderung bleibt in fast allen Unternehmen die Digitalisierung der weltweiten Lieferketten, um ein globales Tracking und Tracing zu ermöglichen. Lange Planungsprozesse zu Beginn der Corona-Pandemie erschwerten Aussagen zur Lieferfähigkeit und es wurden schnellere Reaktionszeiten auf kurzfristige Störungen erwartet. In diesem Kontext kann die Digitalisierung eine flexible Anpassung der Planungsrythmen unterstützen. Ein durchgängiges Datenmanagement ermöglicht die direkte Kommunikation von Engpässen und von Lieferfähigkeiten an den Endkunden anhand eines digitalen Kontinuums:



Große Herausforderung ist die Integration der unterschiedlichen Planungsebenen auf technischer Ebene. Dies soll ermöglichen, dass direkt beim Kundengespräch bereits Transparenz über Engpässe und Versorgungsstrukturen vorliegen, um einen transparenten und zuverlässigen Liefertermin zu vereinbaren.

(Exp.)





© Adobe Stock, fgnopporn

Durch die verschiedenen Krisen wird eine permanente Nachsteuerung als das New Normal empfunden. Dabei ist es die Vision der Unternehmen, zunächst über die Digitalisierung Transparenz zu schaffen und von selbststeuernden Regelkreisen nur noch auf Ausnahmesituationen hingewiesen zu werden. Diese Ausnahmen sollen darüber hinaus weitgehendst mit Standardlösungen automatisiert werden.



Ich werde nur noch auf Exceptions hingewiesen und ich versuche auch diese Exceptions mit Standardlösungen zu automatisieren. Und das ist meiner Meinung nach der richtige Weg. Das kann in einzelnen Fällen zentral erfolgen, das muss aber auch dezentral erfolgen, aufgrund der Taktung und der Geschwindigkeit, die wir brauchen.

(Exp.)

Eine n-Tier Transparenz ermöglicht zudem neue Ansätze unter Einbindung von Künstlicher Intelligenz (KI). Hierfür ist das Wissen über die globale Aufstellung der Netzwerke über die First Tier Stufe hinaus notwendig. Zudem bedarf es einer Übersicht, welche aktuellen Aktivitäten in den Regionen vorliegen. Anhand von automatisierten Internetrecherchen über Web-Crawler sowie Provenance-Server und Knowledge Graphen gibt es erste Ansätze zur Identifikation der Zulieferer der Zulieferer. Dadurch kann ein besseres Risikomanagement abgeleitet werden, indem der Sitz der n-Tier Zulieferer und die geographische Risikozone bekannt sind. Darauf aufbauend sind frühzeitig die Kosten einer Risikominimierung abzuleiten.

4.2.2 Einheitliche Plattform zur Verknüpfung von föderierten Supply Chain Daten für die kollaborative Planung

Zur Schaffung von Transparenz in der Lieferkette sehen die Unternehmen einen großen Vorteil darin, wenn vorhandene interne Daten eines Unternehmens bereits auf einem einzigen System zur Verfügung stehen.



Wichtig ist die Beibehaltung der Datenhoheit und der Betrieb eines Datawarehouse, indem alle relevanten Unternehmensdaten aktuell und geprüft vorgehalten und den Mitarbeitern unterschiedlichster Bereiche zur Verfügung gestellt werden. Somit arbeiten alle auf einer gemeinsamen SSOT. Ein solcher Datenbackbone ist für viele Prozesse z.B. auch die Auftragsabwicklung essenziell. Hier auf können entsprechend dezentral schlanke Apps mit unterschiedlichem Fokus und unterschiedlichen Arbeitsinhalten aufsetzen. Werden zusätzlich noch historische Daten vorgehalten, so können mittels KI verschiedene Prognosen abgeleitet werden, wie sie z.B. für diverse Frühwarnsysteme relevant sind. Das wäre ein Traum für viele Unternehmen, wenn sie so etwas schon hätten.

(Exp.)

Zum digitalen Datenaustausch und darauf aufbauende Servicekomponenten setzen Unternehmen vorwiegend Plattformsysteme ein. Bei deren Implementierung werden gerne externe

IT-Unternehmen hinzugezogen. Dabei ist zu gewährleisten, dass ein neutraler, unabhängiger Plattformbetreiber ausgewählt wird, der für alle Supply Chain Partner offen ist. Somit können Partner in der Supply Chain auf den gleichen Anbieter zugreifen. Als Beispiel verwenden Volkswagen und ZF Friedrichshafen die Microsoft-Plattform Azure [132,133].



Wir haben einen unabhängigen Plattformbetreiber, den der Lieferant auch direkt beauftragen kann für seine eigenen Dinge.

(Exp.)

Die Hersteller von ERP/MES Systemen gehen ebenfalls eigene Plattformstrategien an. Es ist allerdings anzumerken, dass sich bisher keine Plattformlösung als Standard durchgesetzt hat. Vielmehr bieten einzelne Unternehmen ihre Plattformlösung als Ökosystem für verschiedene Anbieter an. Bei der Einbindung neuer Systeme und IT-Funktionen ist entsprechend auf geeignete, adaptive Schnittstellen zu achten. Zukünftig wird es eine gewisse Flexibilität brauchen, also Andockpunkte von IT-Architekturen, um dann außerhalb eines Unternehmenskosmos andere anbinden zu können.



[...], dass wir im Endeffekt ein gewisses Ökosystem für einzelne Themen zur Verfügung stellen und dort - das Ökosystem oder die Plattform können wir nicht schnell switchen - aber im Endeffekt die Apps, die auf dieser Plattform gebaut werden, die können wir von vielen bauen lassen [...], das gibt uns Geschwindigkeit und auch Akzeptanz.“

(Exp.)

Um den Mehrwert zu generieren, hilft es eine Entkopplung zwischen Datenentstehung und Datenverwendung zu etablieren. Die Datenverwendung kann ähnlich einer Smartphone-App auf die Daten zugreifen und holt sich bei Anfrage die notwendigen Daten an einen neutralen Punkt, anstelle eines direkten Datentransfers (Prinzip des föderierten Datentransfers).



Ich glaub auch vor dem Hintergrund der Halbleiterkrise wäre Potenzial durch föderierte Daten bei der Souveränität der Daten sicherlich ein guter Ansatz, wenn wir das schon flächendeckend hätten. Und ich glaube, dann würden wir sehr viel besser durch die Krise kommen und Engpässe managen können, einfach aus dem Grund, dass man nicht so viel Zeit für die Transparenzschaffung verliert.

(Exp.)

Entsprechend eines Self-Services im privaten Smartphonegebrauch können sich verschiedene Applications von unterschiedlichen Anbietern etablieren. Anstelle einer Software, die auf analysierten Prozessen aufbaut, bietet die Software einen Standardaufbau, der entsprechend dem User anpassbar ist (User Oriented Design).



Da müssen wir einfach umdenken, so wie wir bisher Software gemacht haben, wie wir Prozesse analysiert haben und daraufhin Software designt haben, das wird ganz anders in der Zukunft sein müssen. Im Consumer Bereich, glaube ich kennen wir das alles schon recht gut, Stichwort Self Service, Self-Serviceorientierung, das wird weiterhin glaube ich, sehr stark im Fokus stehen.

(Exp.)

Die Einbindung von Supply Chain Partnern in das Datenökosystem erfolgt meist peu à peu, wobei darauf geachtet werden sollte, zunächst die Partner mit den höchsten Volumina sowie kritische Lieferanten in das Ökosystem einzubinden. Wie stets gilt, den Datenaustausch auf kollaborativer Ebene feingliedrig abzustimmen, um einen Mehrwert durch den Datenaustausch zu generieren.



Wir haben jetzt schon so viele erhobene Daten zur Verfügung, dass wir zukünftig in einer Datenflut untergehen könnten.

(Exp.)

In diesem Sinne kann Digitalisierung zur verstärkten Einbindung von Lieferanten zur direkten Kommunikation der Produktionsplanung verwendet werden. Bei erweiterter Funktion ermöglicht es bei Bedarf einen Abgleich der Bestände in der Lieferkette. Häufige Anpassungen der Produktionsplanung in Coronazeiten erweckten zudem den Wunsch zum Austausch von Informationen bei Anpassungen der Produktionsplanung, um jegliche dynamische Einflüsse frühzeitig einzuplanen. Dabei werden Planungsveränderungen direkt durchgereicht, sei es bei Materialbeschaffung (teilweise bereits durch verschiedene ERP-Systeme abgedeckt), aber auch durch veränderte Ressourcenbedarfe. Darüber hinaus bietet Digitalisierung die Möglichkeit zur Kommunikation des Produktionsfortschritts und des Auslieferungstatus. Im Falle von Störungen bringt dies dem Produzenten Flexibilität für den Auslieferungstag anhand einer transparenten Kommunikation gegenüber dem Kunden.



Das ist wieder eine Digitalisierungsaufgabe, dass wir Meilensteinübergänge der Endprodukte über eine Plattform kommunizieren, sodass der Kunde weiß, das Produkt ist noch in Produktion, das Produkt ist fertig, das Produkt ist jetzt intermodal auf den Zugang zum Bahnhof, das Produkt ist auf dem Zug und kommt zu dem Zeitpunkt im Hub an und ist dann auch durch den Spediteur abholbereit oder ist auf dem Weg zum Kunden.

(Exp.)

Insgesamt sind bei den Ansätzen der Plattformökonomie stets die damit einhergehenden Probleme der Cybersecurity zu beachten, um das Vertrauen der Lieferkette in das Ökosystem aufrecht zu erhalten.

4.2.3 Zunehmendes Onboarding von KMU in die kollaborativen Planungsprozesse



Die Einbindung von KMU bietet massive Potenziale. Dies ist bedingt durch fehlende IT-Infrastruktur, Knowhow und Kapazitäten von Mitarbeiter*innen im Bereich Digitalisierungslösungen bei KMU. Ziel ist, dass die Datenvernetzung so einfach ist, wie eine App auf dem Smartphone zu installieren, da heutige Industrielösungen komplex sind, z.B. über eine Kapselung der Semantik im Gegensatz zu zentralisierten Standardisierungsanforderungen.

(Exp.)

Selbst bei einheitlichen Plattformansätzen ist Transparenzschaffung mit hohem Zeitaufwand verbunden, darunter fällt auch die Auswahl relevanter Datensätze. Allein bei einer selektiven Anzahl an Datensätzen kann in mehrstufigen Lieferketten ein sehr großes Datenvolumen entstehen, das gehostet werden muss [134]. Dies verursacht Kosten und es fehlen kleinen und mittleren Unternehmen oftmals die IT-Kompetenzen für eine effiziente technische Umsetzung [131,135,136]. Kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) ist somit der Transfer zum Datenaustausch möglichst einfach zu gestalten. Um parallel Datenschutzziele einhalten zu können, erlauben erste standardisierte Konnektoren eine Möglichkeit zur Einbindung von KMU, darunter der Eclipse Dataspace Connector (EDC) [137].

4.2.4 Ansätze zu digitalen Geschäftsmodellen

Aus der Digitalisierung erwartet die Fertigungsindustrie außerdem enormes Wertschöpfungspotenzial für digitale Geschäftsmodelle. Durch die vielfältigen Lieferengpässe während der Corona-Pandemie wurden den Unternehmen neue Geschäftsmodelle anhand einer durchgängigen Digitalisierung bewusst. So ist es über ein integriertes S&OP Management möglich, kontinuierliche Preisanpassungen für das Endprodukt über eine Ist-Zahlen-bezogene Online-Kalkulation eines Endprodukts einzusetzen.

Für den Kundenauftragsprozess eröffnen sich neue Perspektiven, wenn bspw. Mobilität als Produkt definiert wird. Einen ersten Schritt in diese Richtung entwickelt Mercedes mit einem neuen Betriebssystem für Fahrzeugsoftware, um ab 2024 unter anderem Over-the-Air-Updates zu ermöglichen. Durch eine hohe Digitalisierung des Endprodukts bietet dies weitere digitale Geschäftsmodelle, um Funktionalitäten und Servicekomponenten über einen Mercedes Me Store freizuschalten [138].

Darüber hinaus bietet sich die Analyse digitaler Inhalte während der Nutzungsdauer an, um die verwendete Ausstattung des Endprodukts zu evaluieren und adäquat zu konfigurieren, sodass es dem Kunden einen für die Produktnutzung adäquaten, aber gleichbleibenden Service bietet. Dabei können beispielsweise Über- oder Unterbelastungen einer Endprodukt-Konfiguration evaluiert und angepasst werden (bspw. Konfiguration von Tragegewichten).

Im Zuge von selbststeuernden Systemen realisieren Unternehmen zwar, dass sie noch weit von der Umsetzung entfernt sind, sehen aber die stetige Weiterentwicklung in diesem Feld. So können durch die Verknüpfung von Daten auf einem Logistik-Datenbackbone u.a. automatisierte Empfehlungen zu Anpassungen in der Lieferkette erstellt werden, bspw. in Bezug auf die Wahl des Transportmittels oder zur Auswahl und Umstellung von Routen. Dieses Hilfsmittel kann dezentral genutzt werden und unterstützt den Lieferanten bei der Entscheidung der Versandart.

Im generellen Umgang mit digitalen Geschäftsmodellen ist die Datenqualität von hoher Bedeutung. Eine Weiterentwicklung zur Automatisierung der Datenbereinigung, Datenkuration und Parametersetzung durch Software-Bots wird daher in Zukunft noch stärker ausgebaut. Für das Qualitätsmanagement bei automatisierten Prozessen ist dieser Schritt von hoher Relevanz, um Probleme in der Nutzungsphase zu vermeiden.

Für Unternehmen mit kleinen Warenanlieferungen kann eine KI-gestützte Lieferscheinerkennung mit automatisierten Inbound-Prozessen einen hohen Mehrwert bringen. Anstelle eine Einbuchung alle 2-3 Tage vorzunehmen, kann die Wareneingangsbuchung mehrmals am Tag stattfinden.

4.3. Transformation durch Automatisierung zur Begegnung des Fachkräftemangels

Im letzten Jahrzehnt hat die Produktion durch verschiedene Ansätze von Industrie 4.0 eine hohe Automatisierung erfahren. Darunter fallen der vermehrte Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen zur Anlieferung von Materialien an die Produktion oder die Einbindung von 3D-Druck zur flexiblen Nutzung von Maschinen durch Steigerung der Bearbeitungsmöglichkeiten von Varianten eines Produkts, indem 3D-Drucker Hilfsmittel bzw. Werkzeuge erzeugen. Dadurch kann Produktindividualisierung beim Produzenten bleiben bzw. ermöglicht es ein Insourcing mit erhöhter Flexibilität für die Variantenproduktion insbesondere für KMU.

Die Automatisierung der Prozesse wird nun von den Unternehmen weiter vorangetrieben und auf logistische Prozesse ausgeweitet. Während der Corona-Zeit zeigte sich der Personalmangel insbesondere durch fehlendes Personal für die Abwicklung des Inbounds. Dies initiierte eine verstärkte Suche nach Lösungen zur Automatisierung der Inbound-Prozesse. Autonome Systeme werden im innerbetrieblichen Bereich nun schon vermehrt



Personaldefizit

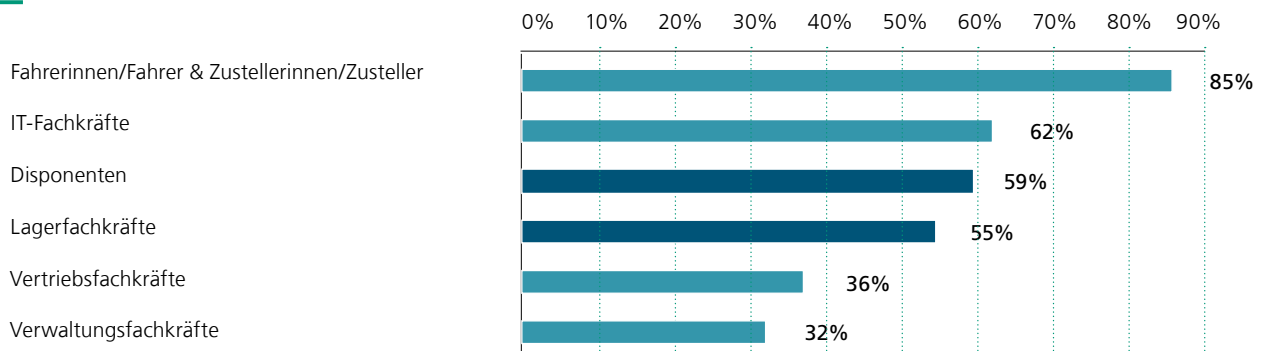


Abbildung 9: Personaldefizit in Logistikunternehmen nach Berufen im Jahr 2022 [140]

eingesetzt. In der nahen Zukunft werden im Zuge von autonomen Fahrzeugen auch personenlose Anlieferungen anvisiert. Dies würde dem Fahrermangel entgegensteuern. Die Bedeutung des Fahrermangels wird an den folgenden Zahlen ersichtlich: Allein in Deutschland werden jedes Jahr 3,7 Mrd. Tonnen Güter transportiert [139]. Das entspricht etwa 400.000 vollbeladene 40-Tonner täglich. Diese 40-Tonner sind darüber hinaus mit entsprechendem Bedarf an Personal für die Inbound-Prozesse zu entladen.



Aber wir haben ja heute schon das Thema Fachkräftemangel, das ist ein Riesenthema. Wir haben bei mir im Logistikbereich um die, ich sag mal 80 Staplerfahrer. Und das war in den letzten Monaten unglaublich schwierig. Wir haben auch viel Leasingpersonal hier. Das ändert man nicht von heute auf morgen. Aber dies ist das Thema, weshalb wir auch in Richtung FTS nachdenken, über automatischen Transport in der Logistik, also Materialtransport, das ist schon der Auslöser. Und je mehr ich automatisieren kann, umso besser kann ich auf den Fachkräftemangel in den kommenden 5-10 Jahren reagieren.

(Exp.)

Die Abbildung 9 zeigt Ergebnisse einer Studie über den Fachkräftemangel im Jahr 2022. Darin wird neben dem hohen Fahrermangel ersichtlich, dass insbesondere Disponenten und Lagerfachkräfte bei über 55 % der befragten Unternehmen gesucht werden.

Die automatisierten Prozesse können mit den Produktionsanlagen verbunden werden, so dass diese in der Art von cyberphysischen Systemen über das Internet der Dinge miteinander kommunizieren. Eine Verkettung der Daten ermöglicht autonome Entscheidungen zur Abholung und Koordination der Inbound-Prozesse. Zur Umsetzung müssen vorhandene Systeme, wie das MES-System, Lagerverwaltungssystem, ERP-System und die Materialflusssteuerung miteinander verknüpft werden. Hierfür benötigt es wiederum Fachkräfte aus dem Bereich der Digitalisierung, die es aufzubauen gilt. Autonome Fahrzeuge bieten in der Automobilindustrie darüber hinaus weitergehende Flexibilität, indem dieselbe Zugmaschine für die Anlieferung von Materialien sowie für den Transport des Endprodukts verwendet werden kann. Aktuell bedarf es hierfür speziell geschulte Fahrer.



Auf der physischen Seite werden wir natürlich im Bereich der Automatisierung alles was Robotik angeht, weiter versuchen müssen. Ja, die Potenziale weiter zu nutzen. Gerade im Bereich der Logistik, sind Wertströme, Waren oder Materialflüsse weiter zu automatisieren. Da wird man sich in Zukunft einfach nicht nur wegen der Effizienz Gedanken machen müssen, sondern einfach auch weil die Notwendigkeit vorliegt, da die Fachkraft fehlt. In manchen Ländern auf dieser Welt merkt man das, in Deutschland auch, dass es relativ wenige LKW-Fahrer gibt. In Richtung Automatisierung bedeutet das selbstfahrende Versorgungsfahrzeuge oder Staplertransportsysteme.

(Exp.)

Vor dem Hintergrund der Arbeitssicherheit sind für die erweiterte Automatisierung und Autonomisierung sowie der Mensch-Roboter-Kollaboration noch Konzepte zur Steuerung, bspw. mit 5G, aufzubauen. Es liegen bereits verschiedene Anwendungsfälle vor, die jedoch technisch und arbeitssicherheitsseitig befähigt werden müssen.

4.4. Transformation durch Einbindung von Nachhaltigkeit

Die Umsetzung von Konzepten der Nachhaltigkeit wird zum großen Teil über rechtliche Vorgaben motiviert. Anhand des Lieferkettengesetzes wurden soziale und ökologische Effekte durch das unternehmerische Handeln analysiert. Nun ist es die Energiekrise, die den Fokus auf die Energieeffizienz forciert. Ziel ist es, Emissionen dahingehend zu reduzieren, um nahezu emissionsfreie Werke zu erhalten. Ein Fokuspunkt ist der Aufbau der eigenen Energieproduktion, um Unabhängigkeit von gewissen Energiearten zu bekommen und nachhaltig durch Windkraft zu ersetzen. Während in den letzten Jahren der CO₂-Ausstoß der Transporte im Visier stand, werden nun vermehrt in der Produktion Einsparpotenziale gesucht. Um Potentiale der Emissionsreduzierung und -vermeidung im Transport umzusetzen, wird weiterhin angestrebt, große Volumina auf die Bahn zu bringen und kleine Volumina auf Kurz- und Mittelstrecken mit elektrifizierten Transportmitteln zu bedienen. In diesem Zuge wurde der teils fehlende Servicegedanke der Bahn benannt. So bleibt bei Schwierigkeiten auf der Schiene die Problemlösung den Unternehmen oft selbst überlassen, während andere Logistikdienstleister nach alternativen Lösungen suchen und Ersatzkapazitäten beschaffen. Es wurde eingeschätzt, dass ein besserer Service erreicht werden kann, indem vom Einzelwagenverkehr abgewichen und Züge an großen Hubs gebündelt werden, um komplette Züge von Hub zu Hub in einem hochfrequenten, großen, zuverlässigen Netzwerk fahren zu lassen. Zur Umsetzung des Lieferkettengesetzes wurden bei vielen Unternehmen die Option intermodaler Transporte mit Priorität aufgenommen.

In der Produktion hingegen geht es zum einen um die Identifikation der großen Energiekonsumenten. Dazu gehört die Organisation von Standby-Optionen bei Maschinen und Anlagen, aber auch die richtige Steuerung der Energie. Entsprechende Sensordaten aus den Maschinen unterstützen diese Energieanalyse maßgeblich. Zum anderen werden die verwendeten Materialien betrachtet und nach nachhaltigeren, emissionsärmeren Produkten gesucht. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Pentanen für Kältemittel und zur Herstellung von Dämmstoffen [141]. Bei kleineren Unternehmen wurden in Bezug auf die Nachhaltigkeit vermehrt die Abfalltrennung und Wiederverwertungskreisläufe benannt, bspw. durch Behälter oder Kartonage.

Die Themen der Kreislaufwirtschaft sind oftmals in Planung und werden aktuell vorwiegend prototypisch umgesetzt. Im Rahmen von größeren Batterien für e-Autos wird ein Second-Use eingeplant, bspw. werden die Batterien in fahrerlosen Transportsystemen für die Lagerlogistik eingesetzt. Weitere Beispiele bietet der Einsatz von Aluminiumverschnitten als Sekundäraluminium oder das Recycling von Glas bei Audi, wie es bereits im Abschnitt 3.3 erläutert wurde.



Die Verbesserung der Recyclingmöglichkeiten durch vollständige Werkstoff- und Rohstoff-Stücklisten und standardisierte Bewertung der Fahrzeuge aller Hersteller ist ein wichtiger Baustein. Das Ziel hierbei ist, eine öffentlich zugängliche Schnittstelle für Recyclingunternehmen bereitzustellen, um Recycling im industriellen Maßstab zu ermöglichen.

(Exp.)

Ein wichtiger Baustein für die Kreislaufwirtschaft bleibt somit die Datendurchgängigkeit, um die Verfügbarkeit der eingebauten Materialien und Rohstoffen zu bewerten.

5. Handlungsempfehlungen für die Prozesse der Auftragsabwicklung

Die jüngsten Ereignisse zeigen die Anfälligkeit von aktuellen globalen Lieferketten. Hinzu kommen verschiedene Entwicklungen und Megatrends, die einen hohen Transformationsdruck auf die Lieferketten ausüben. Dies hat entsprechende Effekte auf die Prozesse der Auftragsabwicklung. Daher wurden aktuelle Trends entlang der PESTEL Kriterien untersucht und der Transformationsdruck auf die Prozesse der Auftragsabwicklung aufgezeigt.

Viele Trends entwickeln sich über die Zeit hinweg und gehen aus anderen Trends hervor. Somit haben einzelne Unternehmen den Transformationsdruck bereits aufgegriffen und ihre Prozesse angepasst. Entsprechend wurden vorhandene Beispiele aus der Literatur aufgezeigt und auf die Auftragsabwicklung bezogen. Da die aktuellen Krisen in besonderer Weise und mitunter disruptiv auf die Prozesse der Auftragsabwicklung einwirkten, wurden Interviews hinzugezogen, um die gegenwärtigen Ansätze zur Transformation der Prozesse zu

analysieren. Es wurde ersichtlich, dass gegenwärtig ein hoher Transformationsdruck auf der Beschaffung liegt, der durch die aktuellen Krisen ausgelöst wurde. Durch technische Weiterentwicklungen wurden darüber hinaus verschiedene Ansätze zur Einbindung der Digitalisierung angedacht, bis hin zur erweiterten Automatisierung insbesondere in den Transport- und Inbound-Logistikprozessen, die in Europa unter anderem durch Personalmangel ausgelöst wurden. Weitergehend stößt der politische und gesellschaftliche Druck zur Umsetzung von nachhaltigen Prozessen weitere Transformationen in Bezug auf die Nachhaltigkeit an.

Insgesamt ergeben sich mit Blick auf die Auftragsabwicklung Handlungsempfehlungen für Unternehmen in Bezug auf die Festigung der Resilienz der Lieferkette, der Automatisierung und Digitalisierung der Prozesse, der Supply Chain-gerechten Produktgestaltung sowie der Umsetzung der Nachhaltigkeit durch neue Geschäftsmodelle durch Circular Economy.





1.

Resilienz der Lieferketten

- Zur Verbesserung der Resilienz in Bezug auf geopolitische Risiken liefert ein geographisch diversifizierter Cross-Sourcing Ansatz Flexibilität, bei gleichzeitiger Kontrolle der Komplexität auf der Lieferantenbasis.
- Für eine optimale Ausnutzung der Netzwerkfähigkeiten ist eine enge Verzahnung der Auftragsabwicklung, Bedarfsabsicherung und Produktionsversorgung unabdinglich. Allokationsflexibilität von Produktion und Beschaffung steigert dabei die Resilienz.
- Glocal Sourcing, eine Verbindung aus global beschafften Hauptvolumenströmen mit lokalen redundanten Lieferanten steigern die Resilienz und dienen der Nachhaltigkeit durch eine erwartbare parallele Reduktion von Eiltransporten und Sonderfrachten.
- Der Aufbau von global verbundenen und allokationsflexiblen lokalen Netzwerken erhöht die Reaktionsfähigkeit durch Verringerung der logistischen Latenz.



2.

Automatisierung & Digitalisierung

- Digitale Daten sind der Schlüssel für Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Risikomanagement zur frühzeitigen Risikobewertung.
- Ein Digitales Kontinuum ermöglicht Regelkreise in vertikaler, horizontaler und temporaler Perspektive zur engeren Verzahnung der Produktgestaltung, Produktions-, Beschaffungs- und Distributionsplanung sowie der Auftragsabwicklung und Produktionssteuerung.
- Unternehmen sollten die Unabhängigkeit von einzelnen Softwarelieferanten durch den Aufbau eines einheitlichen Datenbackbone sichern, welcher die Anbindung verschiedener Systeme in Form von Apps und Services erlaubt sowie Aktualisierungen und Anpassungen ermöglicht, dabei aber einen „Single Point of Truth“ für alle Gestaltungs-, Planungs- und Steuerungsaufgaben liefert.
- Förderierte Informationssysteme und –kollaboration sind Schlüssel zur Steigerung der Datenqualität und -verfügbarkeit und zur Vernetzung über Silos im eigenen Unternehmen oder zwischen Unternehmen der Supply Chain.
- Das breite Onboarding von KMU auf solche förderierten Informationssysteme erzeugt Planungsstabilität durch kollaborative Planungsprozesse mittels schlanker Apps und durchgängigen Planungsdatenbasen.
- Bei erwartbarem Personalmangel sind Investitionen in die Automatisierung essenziell zur Aufrechterhaltung der Leistungserbringung.
- Cyberrisiken müssen proaktiv vor dem Hintergrund der Automatisierungssteigerung gemanagt und Eintrittswahrscheinlichkeiten reduziert werden.



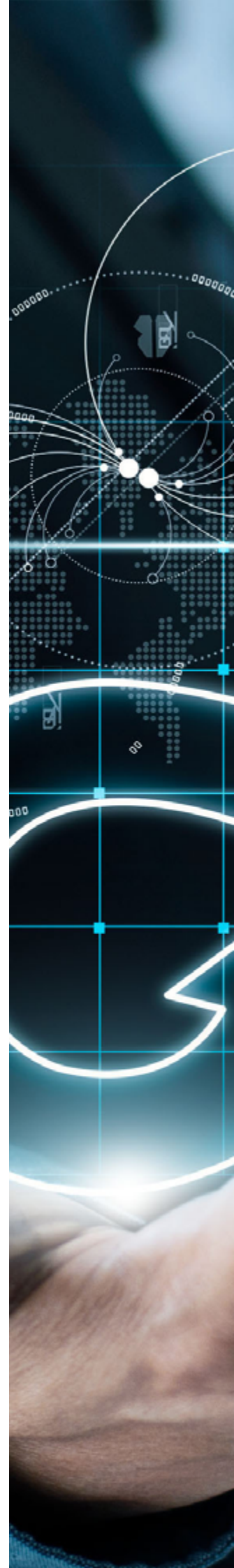
3. Produkt- gestaltung

- Produktkomplexität ist in Bereiche zu verschieben, in der die Komplexität geringe Auswirkung auf die Lieferkette hat und die einen möglichst späten Kundenentkopplungspunkt hat (bspw. Variantenbildung durch Digitalisierung im Sinne einer Late Configuration cyber-physischer Bauteil durch Software oder durch adaptive Fertigungsverfahren).
- Produktgestaltung ist mit dem Supply Chain Design zu verzahnen und die Supply Chain Komplexität als Kriterium im Produktentwicklungsprozess zu berücksichtigen, um die Resilienz in den Prozessen der Supply Chain zu steigern. Eine gleichzeitige Ausrichtung der Produktentwicklung auf die Kundenbedürfnisse, die eigene Produktionsabläufe sowie auf die Supply Chain und die Verfügbarkeiten in der Lieferkette sollte angestrebt werden.
- Die Nachhaltigkeit der verwendeten Materialien und der Austausch von Teilen nach Produktionsstart sowie das Recycling im Sinn einer Circular Economy sind mitzudenken.



4. Ressourcen- knappheit & Nachhaltigkeit

- Die Verwendung alternativer Materialien, Second-Use von Bauteilen und Baugruppen sowie die Rohstoffgewinnung durch Circular Economy bringen neue logistische Herausforderungen mit sich und bedingen eine Veränderung der Produktionsprozesse
- Circular Economy bietet neue Geschäftsfelder zur Rückführung der Materialien.
- Strategische Partnerschaften und Förderung insbesondere von Start-ups vermeidet eine zu hohe Konsolidierung auf dem Software- und Technologiemarkt.





Die letzten Jahre haben die Grenzen der stetigen Globalisierung und Wertschöpfung unter volatilen Rahmenbedingungen aufgezeigt. Die Risikoabsicherung und Resilienzsteigerung sind mehr denn je im Bewusstsein der Unternehmensführung. Die oben dargestellten Handlungsempfehlungen zeigen, dass eine Vielzahl von Maßnahmen sowohl auf die Resilienzsteigerung, als auch die Nachhaltigkeit von Supply Chains einzahlen. Vor diesem Hintergrund sollen die bestehenden Herausforderungen als Chance aufgefasst werden und die Keimzelle für eine zukunftsfähige und nachhaltige Adaption der globalen Wertschöpfung bilden. Die Unternehmen, welche diese Chance für sich nutzen, werden die Gewinner des Transformationsprozesses der globalisierten Wirtschaft sein.

Literaturverzeichnis

- [1] **Puls T, Olle W, Proff H, Falck O, Czernich N, Koenen J et al.** Strukturwandel in der Automobilindustrie – wirkt die Pandemie als Beschleuniger? ifo Schnelldienst 2021; 74
- [2] **Herweg C, Machleid L, Vogelbach Melanie.** Neusortierung von Lieferketten: Sonderauswertung des AHK World Business Outlook Herbst 2021; 2021 [Stand: 02.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.dihk.de/resource/blob/62046/44f7c2490d954545f87f8efda3a-da4a2/wbo-sonderauswertung-lieferketten-data.pdf>
- [3] **Gnan E, Schneider C, Stowasser C.** Schwerpunkt Außenwirtschaft 2021/2022: Reglobalisation: Changing Patterns. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG; 2022
- [4] **Gartner H, Weber E.** Einschätzung zur Bedeutung des Ukraine-Kriegs für Wirtschaft und Arbeitsmarkt in Deutschland; 2022 [Stand: 02.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.iab-forum.de/bedeutung-des-ukraine-kriegs-fuer-wirtschaft-und-arbeitsmarkt-in-deutschland/>
- [5] **Maihold G, Mühlhöfer F.** Instabile Lieferketten gefährden die Versorgungssicherheit.: Handlungsoptionen für Unternehmen und Politik. SWP-Aktuell 2021; (80)
- [6] **Wagenitz A.** Modellierungsmethode zur Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie. Technische Universität Dortmund; 2007
- [7] **Grill-Kiefer G.** Logistik in der Automobilindustrie: Auftragsabwicklung zwischen Flexibilität und Stabilität. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 2020; 115(9)
- [8] **McKinsey & Company.** Corona und andere Krisen: Lieferketten werden sich global dramatisch verändern; 2020 [Stand: 02.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.de/news/presse/2020-08-06-global-value-chains>
- [9] **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Institut für Fahrzeugkonzepte, Frieske B, Huber A.** Zukunftsfähige Lieferketten und neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie; 2022
- [10] **Kalaitzi D, Matopoulos A, Fornasiero R, Sardesai S, Barros AC, Balech S et al.** Megatrends and Trends Shaping Supply Chain Innovation. In: Fornasiero R, Sardesai S, Barros AC, Matopoulos A, Hrsg. Next Generation Supply Chains: A Roadmap for Research and innovation. Cham: Springer International Publishing; 2021. S. 3–34
- [11] **Bleichschmidt J.** About Trends in General. In: Bleichschmidt J, Hrsg. Trend Management: How to Effectively Use Trend-Knowledge in Your Company. Berlin, Heidelberg: Springer; 2022
- [12] **Kaufmann T.** Strategiewerkzeuge aus der Praxis: Analyse und Beurteilung der strategischen Ausgangslage. Berlin, Heidelberg: Springer; 2021
- [13] **Schomaker RM, Sitter A.** Die PESTEL-Analyse - Status quo und innovative Anpassungen. Der Betriebswirt 2020; 61(1):9–27. doi: 10.3790/dbw.61.1.3
- [14] **Grampp M, Lade D.** Politische Stabilität und Arbeitsmentalität entscheidend für Schweizer Wettbewerbsfähigkeit
- [15] **Blum J, Gründler K.** Politische Instabilität und Wirtschaftswachstum. ifo Schnelldienst 2020; 73(8):41–4
- [16] **Cilliers J.** Globale Trends Analysen: Der UN-Sicherheitsrat: Vom Relikt des 20. Jahrhunderts zum effektiven Element der globalen Sicherheitsarchitektur 2018 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: https://www.sef-bonn.org/fileadmin/SEF-Dateiliste/04_Publikationen/GT-A/2018/GT-A_2018-02_de.pdf
- [17] **Boysen-Hogrefe J, Gern K-J, Kooths S, Stolzenburg U.** Wirtschaftliche Folgen von Terroranschlägen. Wirtschaftsdienst - Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 2015; 95(12):871–872 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.wirtschaftsdienst.eu/pdf-download/jahr/2015/heft/12/beitrag/wirtschaftliche-folgen-von-terroranschlaegen.html>
- [18] **Ernst & Young Global.** Why pandemic-induced trade protectionism will affect tax for years: The COVID-19 pandemic has increased protectionism. But to what

Literaturverzeichnis

extent is this the latest episode in an ongoing and entrenched global trend?; 2021 [Stand: 31.08.2022]. Verfügbar unter: https://www.ey.com/en_gl/tax/why-pandemic-induced-trade-protectionism-will-affect-tax-for-years

- [19] **Bundeszentrale für politische Bildung.** Protektionismus; o.J. [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/kurz-knapp/lexika/politiklexikon/18078/protektionismus/>
- [20] **Frenkel M, Walter B.** Der neue Protektionismus der USA. Wirtschaftsdienst 2018; 98(4):276–83. doi: 10.1007/s10273-018-2286-7
- [21] **Wiener Zeitung GmbH.** Krieg in der Ukraine: Welthandel orientiert sich neu; 2022 [Stand: 07.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wirtschaft/international/2169547-Welthandel-orientiert-sich-neu.html>
- [22] **Unger C, Oppold D.** Klimaschutz als Aufgabe für Politik und Gesellschaft; 2021 [Stand: 31.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/izpb/klima-347/336241/klimaschutz-als-aufgabe-fuer-politik-und-gesellschaft/>
- [23] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.** Klimaschutz in Zahlen: Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik 2021 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/klimaschutz-in-zahlen.pdf>
- [24] **Kille C, Meißner M.** Logistik im Spannungsfeld der Politik: Auswirkungen auf die Entwicklung in 2017 2017 [Stand: 10.09.2022]. Verfügbar unter: <http://www.logistikweisen.de/wAssets/docs/ergebnisbericht-2017-komplett.pdf>
- [25] **Schiffer M.** Logistik der Zukunft: 10 wichtige Trends für die nächsten 20 Jahre; 2020 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.digital-process-industry.de/logistik-der-zukunft-10-wichtige-trends-fuer-die-naechsten-20-jahre/>
- [26] **Khanra S, Dhir A, Parida V, Kohtamäki M.** Servitization research: A review and bibliometric analysis of past achievements and future promises. Journal of Business Research 2021; 131:151–66. doi: 10.1016/j.jbusres.2021.03.056
- [27] **Wintersteiger.** Trendbarometer: Servitization – Was ist das?; 2014 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.wintersteiger.com/de/Pflanzenzucht-und-Forschung/News/Aktuelles/63-Trendbarometer-Servitization-%e2%80%93-Was-ist-das>
- [28] **Stephan D.** Von der Kette zum Netz: Die zehn wichtigsten Supply-Chain-Management-Trends 2022; 2022 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.process.vogel.de/von-der-kette-zum-netz-die-zehn-wichtigsten-supply-chain-management-trends-2022-a-1099818/>
- [29] **Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V.** Going International 2021: Erfahrungen und Perspektiven der deutschen Wirtschaft im Auslandsgeschäft – Ergebnisse der IHK-Unternehmensumfrage 2021
- [30] **Taisch M, Casidsid M, Acerbi F, Gonzáles C, May G, Padelli V et al.** The 2022 World Manufacturing Report: Redesigning Supply Chains in the New Era of Manufacturing; 2022 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: https://worldmanufacturing.org/wp-content/uploads/17/6-2022_World-Manufacturing-Report_E-Book.pdf
- [31] **Hirsiger T.** Strategische Partnerschaften als Chance nutzen: Neuen Modellen gehört die Zukunft!; 2019 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.asago.ch/strategische-partnerschaften-als-chance-nutzen/>
- [32] **Backer R de, Rinaudo EK.** Improving the management of complex business partnerships; 2019 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/improving-the-management-of-complex-business-partnerships>

Literaturverzeichnis

- [33] **Finanzen.net.** VW holt mit ST Microelectronics nächsten Partner für Chip-Entwicklung. [September 01, 2022]; Verfügbar unter: <https://www.finanzen.net/nachricht/aktien/vw-holt-mit-st-microelectronics-naechsten-partner-fuer-chip-entwicklung-11547601>
- [34] **ZukunftsInstitut.** Megatrend Mobilität; o.J. [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrend-mobilitaet/>
- [35] **Putz M, Beyer U, Demmer A, Motta M, Biehl S, Hohwieler E et al.** Mobilität der Zukunft muss produziert werden. Chemnitz; 2019
- [36] **Fornasiero R, Sardesai S, Barros AC, Matopoulos A, Hrsg.** Next Generation Supply Chains: A Roadmap for Research and innovation. Cham: Springer International Publishing; 2021
- [37] **Czernich N, Falck O, Erer M, Keveloh K, Ó Muineacháin S.** Transformation in der Automobilindustrie - welche Kompetenzen sind gefragt? ifo Schnelldienst digital 2021; 12:1–5 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2021-digital-12-czernich-et-al-kompetenzen-autoindustrie.pdf>
- [38] **Roland Berger GmbH.** How air taxis and freight drones are revolutionizing the future of transportation; o.J. [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Global-Topics/Urban-Air-Mobility/>
- [39] **United Nations.** 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN; 2018 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- [40] **Wellbrock W, Ludin D, Knezevic I.** Letzte Meile 4.0: Potenziale innovativer Technologien für die Auslieferung im B2C-Bereich. Wiesbaden: Springer Gabler; 2022 [Stand: 08.29.2022]
- [41] **Wegner K.** Potenziale der Digitalisierung für die letzte Meile in der Logistik. In: Wegner K, Hrsg. Logistik im Wandel der Zeit – Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains. Wiesbaden: Springer Gabler; 2019. S. 285–301
- [42] **United Nations.** World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100; 2017 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>
- [43] **United Nations.** World Population Ageing 2019: Highlights. New York; 2019 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WorldPopulationAgeing2019-Highlights.pdf>
- [44] **ZukunftsInstitut.** Megatrend Silver Society; o.J. [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrend-silver-society/>
- [45] **Produktion.de.** Deloitte: Fachkräftemangel für Unternehmen größtes Risiko; 2021 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.produktion.de/wirtschaft/deloitte-fachkraeftemangel-fuer-unternehmen-groesses-risiko-211.html>
- [46] **Auswärtiges Amt.** Gezielte Zuwanderung gegen Mangel an Fachkräften; 2020 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/service/feg-umsetzung/2315754>
- [47] **Erichsen J.** Employer-Branding: Erhöhung der Arbeitgeber- und Unternehmensattraktivität; o.J. [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.haufe.de/personal/haufe-personal-office-platin/employer-branding-erhoehung-der-arbeitgeber-und-unternehmensattrakt>
- [48] **Haufe Akademie.** New Work: Warum ist die Zeit jetzt reif?; o.J. [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.haufe-akademie.de/new-work#:~:text=F%C3%BCr%20viele%20Unternehmen%20bedeutet%20New,gewinnen%20immer%20mehr%20an%20Bedeutung>

Literaturverzeichnis

- [49] **Pieringer M.** Supply Chain Management: Das sind die zehn Top-Trends für 2022; 2022 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://logistik-heute.de/news/supply-chain-management-das-sind-die-zehn-top-trends-fuer-2022-35590.html>
- [50] **Holmes N.** Omnichannel Retail Trends for 2022; 2022 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.widen.com/blog/omnichannel-retail-trends>
- [51] **Rodenhäuser B, Rauch C.** Supply Chain 2025: Eine Studie des Zukunftsinstituts für den Verband der Wellpappen-Industrie. Frankfurt; 2015 [Stand: 23.11.2022]. Verfügbar unter: https://www.zukunftsinstitut.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Auftragsstudien/VDW_Zukunftsstudie-Supply-Chain-2025.pdf
- [52] **Briedis H, Gregg B, Heidenreich K, Liu WW.** Omnichannel: The path to value; 2021 [Stand: 29.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-survival-guide-to-omnichannel-and-the-path-to-value>
- [53] **Pfaff M, Grimm A, Clausen J.** Wie beeinflussen Landscape-Veränderungen die Automobilbranche? Eine Analyse der Auswirkungen von Digitalisierung, Globalisierung sowie Klima- und Umweltschutz. Working Paper Forschungsförderung 2022; (236) [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-008234/p_fofoe_WP_236_2022.pdf
- [54] **Proff H.** Die Pandemie als Beschleuniger des Strukturwandels in der Automobilindustrie. ifo Schnelldienst 2021; 74:9–12
- [55] **Ganser O.** Catena-X: Das erste offene und kollaborativ angelegte Datenökosystem; o.J. [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://catena-x.net/de/ueber-uns>
- [56] **Hippold S.** Die 8 wichtigsten Gartner Trends in der Supply-Chain-Technologie für 2020; 2020 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: [https://www.gartner.de/de/artikel/die-8-wichtigsten-gartner-trends-in-der-supply-chain-technologie-fuer-2020#:~:text=Ein%20digitaler%20Lieferketten%2DZwilling%20\(digital,%2Dto%2DEnd%2DEntscheidungen](https://www.gartner.de/de/artikel/die-8-wichtigsten-gartner-trends-in-der-supply-chain-technologie-fuer-2020#:~:text=Ein%20digitaler%20Lieferketten%2DZwilling%20(digital,%2Dto%2DEnd%2DEntscheidungen)
- [57] **Lange J, Kroh M.** Mit dem digitalen Zwilling in die Logistik von morgen; 2022 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: https://www.ey.com/de_de/consulting/mit-dem-digitalen-zwilling-in-die-logistik-von-morgen
- [58] **Junghanns J.** Digital Twins – Sicherung der Profitabilität trotz kostspieliger Transformationen der Lieferkette; 2021 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.capgemini.com/de-de/2021/03/digitale-zwillinge-transformation-lieferkette/>
- [59] **Computerwoche.** Wie digitale Zwillinge Lieferketten resilienter machen; 2022 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.computerwoche.de/a/wie-digitale-zwillinge-lieferketten-resilienter-machen,3553218>
- [60] **Streim A, Uhl M.** Künstliche Intelligenz kommt in Unternehmen allmählich voran; 2021 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Kuenstliche-Intelligenz-kommt-in-Unternehmen-allmaehlich-voran>
- [61] **Hermes.** Smarter Doppelgänger: Der digitale Zwilling in der Supply Chain; 2021 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.hermes-supply-chain-blog.com/supply-chain-zwilling/>
- [62] **Telekom.** Was ist 5G? Grundwissen zum Mobilfunkstandard; o.J. [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.telekom.com/de/konzern/details/was-ist-5g-grundwissen-zum-netz-der-zukunft-542352>
- [63] **Deloitte.** 5G – Das Fundament der digitalen Zukunft: Welche Technologietrends durch 5G einen Innovationsschub erhalten werden; o.J. [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.deloittedigital.at/5g-fundament-digitalen-zukunft/>
- [64] **Gutjahr J, Riexinger G, Strieg F.** Augmented Reality in der Produktion: Dinge sehen, die sonst keiner sieht. wt Werkstattstechnik online 2019; 109(3)
- [65] **Statista.** Anteil ausgewählter Kraftstoffarten an den Neuzulassungen von Personenkraftwagen in Deutschland von 2011 bis 2021; 2022 [Stand: 01.09.2022].

Literaturverzeichnis

Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/699301/umfrage/anteil-von-kraftstoffarten-an-neuzulassungen-von-pkw-in-deutschland/>

- [66] **Rudschies W, Kroher T.** Autonomes Fahren: So fahren wir in Zukunft; 2022 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/technik-vernetzung/aktuelle-technik/>
- [67] **Paulsen T.** Autonomes Fahren: Die 5 Stufen zum selbst fahrenden Auto; 2021 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/grundlagen/autonomes-fahren-5-stufen/>
- [68] **pwc.** eascy - Die fünf Dimensionen der Transformation der Automobilindustrie; 2017 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/pwc_automotive_eascy-studie.pdf
- [69] **Logistik Heute.** Logistics Trend Radar: Diese 29 Trends sollen die Logistik-Zukunft prägen: DHL hat die fünfte Auflage des "Logistics Trend Radar" veröffentlicht; 2020 [Stand: 07.10.2022]. Verfügbar unter: <https://logistik-heute.de/news/logistics-trend-radar-diese-29-trends-sollen-die-logistik-zukunft-praegen-31681.html>
- [70] **Elleuch B, Bouhamed F, Elloussaief M, Jaghbir M.** Environmental sustainability and pollution prevention. Environ Sci Pollut Res Int 2018; 25(19):18223–5. doi: 10.1007/s11356-017-0619-5
- [71] **Nikendei C, Bugaj TJ, Nikendei F, Kühl SJ, Kühl M.** Klimawandel: Ursachen, Folgen, Lösungsansätze und Implikationen für das Gesundheitswesen. Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes 2020; 156-157:59–67. doi: 10.1016/j.zefq.2020.07.008
- [72] **Lozán JL, Breckle S-W, Grassl H, Kasang D.** Klimawandel und Wetterextreme: Ein Überblick. In: Lozán JL, Breckle S-W, Graßl H, Weisse R, Hrsg. Warnsignal Klima: Extremereignisse. Hamburg: Universität Hamburg; 2018. S. 11–20
- [73] **Deutsche Welthungerhilfe.** Naturkatastrophen und der Klimawandel; o.J. [Stand: 30.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.welthungerhilfe.de/informieren/themen/klimawandel/naturkatastrophen>
- [74] **Südwestrundfunk.** Autozulieferer ZF will nach Flut aus Bad Neuenahr-Ahrweiler wegziehen; 2021 [Stand: 30.08.2022]. Verfügbar unter: <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/koblenz/bad-neuenahr-ahrweiler-autozulieferer-zf-will-standort-wegen-flutgefahr-verlagern-100.html>
- [75] **Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken NMP, Hultink EJ.** The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production 2017; 143:757–68. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- [76] **Fennemann V, Hohaus C, Kopka J-P.** Circular Economy Logistics: Für eine Kreislaufwirtschaft 4.0; 2018. Future Challenges in Logis
- [77] **Circle Economy.** The Circularity Gap Report; 2022 [Stand: 08.31.2022]. Verfügbar unter: https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/62d9614cd746aa35cf599100_1.%20Report_%20CGR%20Global%202022.pdf
- [78] **Deutsches Global Compact Netzwerk.** Nachhaltigkeit in der Lieferkette: Ein praktischer Leitfaden zur kontinuierlichen Verbesserung; 2012
- [79] **Bliesener M-M.** Nachhaltige Logistik. Göttingen: Cuvillier Verlag; 2015
- [80] **Opriel S, Schmelting J.** Datensouveränität. In: Hompel M ten, Henke M, Otto B, Hrsg. Silicon Economy: Wie digitale Plattformen industrielle Wertschöpfungsnetzwerke global verändern. 1. Aufl. 2022. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2022. S. 41–54 [Stand: 02.09.2022]
- [81] **Jarke M, Otto B, Ram S.** Data Sovereignty and Data Space Ecosystems. Business & Information Systems Engineering 2019; 61(5):549–50. doi: 10.1007/s12599-019-00614-2

Literaturverzeichnis

- [82] **Itsmydata.** Datensouveränität; 2020 [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://itsmydata.de/datensouveraenitaet/>
- [83] **Kuschel L.** Digitalisierung – Umbruch oder Fortentwicklung im Recht des geistigen Eigentums. In: Eifert M, Hrsg. Digitale Disruption und Recht: Workshop zu Ehren des 80. Geburtstags von Wolfgang Hoffmann-Riem. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG; 2020. S. 93–126
- [84] **Schönauer K.** Überarbeitung der EU-Richtlinie für Nachhaltigkeitsberichterstattung: Erweiterung der Berichtspflichten; o.J. [Stand: 01.09.2022]. Verfügbar unter: <https://home.kpmg/at/de/home/insights/2021/04/ueberarbeitung-der-eu-richtlinie-fuer-nachhaltigkeitsberichterstattung.html>
- [85] **Grünewald A, Jornitz T, Vieweg O, Brachetti T.** Das Lieferkettengesetz: Neue Technologien für mehr Transparenz in der Supply Chain; 2022 [Stand: 02.09.2022]
- [86] **Forum Umwelt und Entwicklung.** Gesetze für Nachhaltigkeit: Vorschläge für die 20. Legislaturperiode des Bundestags. Berlin; 2021
- [87] **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.** Digitale Strategie 2025; 2016 [Stand: 23.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf>
- [88] **Winkelhake U.** Vision Digitised Automotive Industry 2030. In: Winkelhake U, Hrsg. The Digital Transformation of the Automotive Industry. Cham: Springer International Publishing; 2018. S. 77–126
- [89] **Lehmann S.** Digitalisierung: Mercedes-Benz und Siemens gehen Kooperation ein; 2021 [Stand: 13.10.2020]. Verfügbar unter: <https://logistik-heute.de/news/digitalisierung-mercedes-benz-und-siemens-gehen-kooperation-ein-33379.html>
- [90] **Dombrowski U, Fochler S, Malorny C, Winkelhake U, Stich V, Jussen P et al.** Trends und Entwicklungen. In: Dombrowski U, Fochler S, Malorny C, Hrsg. After Sales Service. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2020. S. 285–394
- [91] **Seiter M, Autenrieth P, Haas J, Heering F, Jung M, Kalla M et al.** Innovation und Kooperation in zukünftigen Wertschöpfungsnetzwerken. Stuttgart; 2020
- [92] **o.A.** Was ist der Unterschied zwischen einer "Cloud as a Service" und einer "Platform as a Service"?; 2022 [Stand: 10.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.exorint.com/de/blog/was-ist-der-unterschied-zwischen-einer-cloud-als-dienstleistung-und-einer-plattform-als-dienstleistung#:~:text=Die%20Unterschiede%20zwischen%20PaaS%20und%20CaaS,-Auch%20wenn%20PaaS&text=PaaS%20bietet%20Hardware%2D%20und%20Software,Virtualisierungsl%C3%B6sungen%20%C3%BCber%20das%20Internet%20bietet>
- [93] **Blackburn R.** Preface: Industry 4.0. In: Linnhoff-Popien C, Schneider R, Zaddach M, Hrsg. Digital Marketplaces Unleashed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018. S. 515–26
- [94] **Schreckenberg F, Motta M.** Catena-X Automotive Network: Fraunhofer Unterstützung im BMWI-geförderten Forschungsprojekt "Catena-X Automotive Network"; 2021 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b2/supply_chain_engineering/forschungsprojekte/CatenaX.html
- [95] **Capgemini Research Institute.** Deutschland ist führend bei der Einführung von KI in der Fertigungsindustrie; 2019 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://ind-ai.net/zahlenfutter/deutschland-ist-fuehrend-bei-der-einfuehrung-von-ki-in-der-fertigungsindustrie/>
- [96] **Heeg T.** Otto verkauft sein KI-Unternehmen Blue Yonder: Software für den Einzelhandel; 2018 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/kuenstliche-intelligenz/otto-verkauft-sein-ki-unternehmen-blue-yonder-15670740.html>
- [97] **Volkswagen AG.** Computer Vision to make production within the Volkswagen Group even more efficient; 2020 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: https://www.volkswagenag.com/en/news/2020/07/Computer_Vision.html

Literaturverzeichnis

- [98] **Niggehoff L-T.** Sphera acquires Riskmethods; 2022 [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Over-the-air-updates-become-upgrades-at-Mercedes-Benz-Always-up-to-date-Mercedes-Benz-vehicles-are-constantly-learning-over-the-air.xhtml?oid=48822484>
- [99] **prewave.** Pünktlich zum Lieferkettengesetz: Audi, Porsche und Volkswagen nutzen Künstliche Intelligenz von österreichischem Startup Prewave zur Risikoanalyse in der Lieferkette; 2021 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: Pünktlich zum Lieferkettengesetz: Audi, Porsche und Volkswagen nutzen Künstliche Intelligenz von österreichischem Startup Prewave zur Risikoanalyse in der Lieferkette
- [100] **Xeneta GmbH.** Xeneta; o.J. [Stand: 09.12.2022]. Verfügbar unter: <https://www.xeneta.com/>
- [101] **Wagenitz A, Klingebiel K, Toth M, Motta M, Weibels D.** Integrierte Simulation von Auftragsabwicklungs- und Supply Chain-Prozessen. In: Mayer G, Pöge C, Spieckermann S, Wenzel S, Hrsg. Ablaufsimulation in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2020. S. 231–45
- [102] **Sardesai S.** Bewertung und Verbesserung der Robustheit des Servicelevels in CKD-Produktionsnetzwerken unter Risiken. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2022
- [103] **Temur L, Fruhner D, Klingebiel K.** Proactive demand and capacity management for automotive logistics using an efficient information model. In: Proceedings of the 31st European Modelling and Simulation Symposium (EMSS2019): CAL-TEK srl; 2019. S. 128–37
- [104] **Wallraven M, Reichhardt M.** Supply Chain: Durch Simulation Lieferprobleme vermeiden; 2019 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automobil-industrie.vogel.de/supply-chain-durch-simulation-lieferprobleme-vermeiden-a-871898/>
- [105] **Löwer C.** Führt der Weg der Automobilindustrie ins Metaverse?: Immersive Kollaboration; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automotiveit.eu/technology/fuehrt-der-weg-der-automobilindustrie-ins-metaverse-113.html>
- [106] **Zimmermann K.** How will the metaverse shape the future of the automotive industry?; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automotiveworld.com/articles/how-will-the-metaverse-shape-the-future-of-the-automotive-industry/>
- [107] **Holzer H.** Die Zukunft der Autohersteller im Metaverse: Revolution oder Blase?; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.n-tv.de/auto/Die-Zukunft-der-Autohersteller-im-Metaverse-article23389599.html>
- [108] **Beutnagel W.** Autobranche sucht händeringend IT-Experten: Fachkräftemangel bremst Digitalisierung; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automotiveit.eu/strategy/autobranche-sucht-haenderingend-it-experten-637.html>
- [109] **Automobilwoche edition.** 100 Digital Leaders Automotive. Automobilwoche 2022
- [110] **Hauptmann M, Vossen I.** Chefsache: Mit Digital Leadership die Zukunft gestalten!; 2019 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/human-capital/articles/digital-leadership.html>
- [111] **Creusen U, Gall B, Hackl O.** Digital Leadership. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2017
- [112] **Klug F.** Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018
- [113] **Wilson G.** Mercedes-Benz: driving sustainable and transparent procurement; 2020 [Stand: 13.10.2022]; Verfügbar unter: <https://supplychaindigital.com/procurement/mercedes-benz-driving-sustainable-and-transparent-procurement>

Literaturverzeichnis

- [114] **Fennemann V, Hohaus C, Kopka J-P.** Moving in circles: Logistics as key enabler for a circular economy [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/impl/de/documents/101/09_Whitepaper_CE_EN_WEB.pdf
- [115] **Osztovits Á, Bagyinka F, Nádasy B, Pataki F, Perger J.** Closing the loop – the circular economy, what it means and what it can do for you: 9 circular economy tools 70+ corporate case studies Industry 4.0 outlook. Budapest: PriceWaterhouseCooper Hungary; 2018 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.pwc.com/hu/en/kiadvanyok/assets/pdf/Closing-the-loop-the-circular-economy.pdf>
- [116] **Volkswagen AG.** Aluminium Closed Loop im Presswerk: Mehr als 350.000t CO₂-Emissionen seit Einführung vermieden; 2020 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: https://www.volkswagenag.com/de/news/2020/06/Aluminium_Closed_Loop.html
- [117] **Fuchslocher G.** Audi setzt auch in Ingolstadt auf Aluminium Closed Loop; 2020 [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automobil-produktion.de/produktion/audi-setzt-auch-in-ingolstadt-auf-aluminium-closed-loop-108.html>
- [118] **Lehmann S.** Kreislaufwirtschaft: So wird bei Audi aus altem Autoglas eine neue Scheibe; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://logistik-heute.de/galerien/kreislaufwirtschaft-so-wird-bei-audi-aus-altem-autoglas-eine-neue-scheibe-36721.html>
- [119] **Lehmann S.** Kreislaufwirtschaft: Audi möchte altes Autoglas wiederverwenden; 2022 [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://logistik-heute.de/news/kreislaufwirtschaft-audi-moechte-altes-autoglas-wiederverwenden-36708.html>
- [120] **Ellen MacArthur Foundation.** Europe's first circular economy factory for vehicles: Renault; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/groupe-renault#:~:text=Renault%20is%20a%20pioneer%20of,the%20use%20of%20virgin%20materials>
- [121] **acea.** Energy consumption during car production in the EU; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.acea.auto/figure/energy-consumption-during-car-production-in-eu/>
- [122] **Knauf Industry.** How to effectively increase the energy efficiency in the automotive industry?; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://knauf-automotive.com/how-to-effectively-increase-the-energy-efficiency-in-the-automotive-industry/>
- [123] **BMW Group.** Zukunft gestalten im BMW Group Werk München; 2022 [Stand: 13.10.2022]. Verfügbar unter: <https://www.bmwgroup.com/de/news/allgemein/2022/100YearsPlantMunich.html>
- [124] **Labbus I.** Cyber-physische Produktionssysteme für die energieeffiziente Komponentenproduktion. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2021
- [125] **Agostinelli S, Cumo F, Guidi G, Tomazzoli C.** Cyber-Physical Systems Improving Building Energy Management: Digital Twin and Artificial Intelligence. *Energies* 2021; 14(8):23–38. doi: 10.3390/en14082338
- [126] **BNP Paribas Real Estate Holding GmbH.** Logistikmarkt Deutschland; 2021 [Stand: 04.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.realestate.bnpparibas.de/marktberichte/logistikmarkt/deutschland-at-a-glance-q4-2021-0>
- [127] **Freightos.** Freightos Baltic Index (FBX): Global Container Freight Index; 2022 [Stand: 07.12.2022]. Verfügbar unter: <https://fbx.freightos.com/>
- [128] **CO-VERSATILE.** CO-VERSATILE; o.J. [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://co-versatile.eu/>

Literaturverzeichnis

- [129] **Statista.** Global container freight rate index from January 2019 to October 2022; 2022 [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/1250636/global-container-freight-index/>
- [130] **Diez W, Mühlenbruch M, Nagel C.** Wende oder Ende? Die Automobilindustrie muss sich neu aufstellen - Trends und Handlungsfelder; 2019.
- [131] **Silbernagel R, Stamer F, Häfner B, Linzbach J, Lanza G.** Kollaboration in globalen Wertschöpfungsnetzwerken: Datenbasierte Regelung kollaborativer Wertschöpfungsnetzwerke mittels geschützter Transparenz. Zeitschrift für wirtschaftliche Fabrikgestaltung 2019; 114(5):314–317
- [132] **Flörecke K-D.** ZF arbeitet enger mit Microsoft zusammen; 2021 [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automobilwoche.de/bc-online/zf-arbeitet-enger-mit-microsoft-zusammen>
- [133] **Automobilwoche.** VW setzt auf Microsoft-Cloud: Automatisiertes Fahren; 2021 [Stand: 07.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.automobilwoche.de/agenturmeldungen/vw-setzt-auf-microsoft-cloud>
- [134] **Ernst & Young GmbH.** Ernst & Young GmbH. Warum Globalisierung ein neuer Megatrend geworden ist; 2021 [Stand: 07.11.2022]. Verfügbar unter: https://www.ey.com/de_de/industrial-products/globalisierung-als-strategie
- [135] **VDA - Verband der Automobilindustrie.** Stellungnahme; 2021 [Stand: 07.11.2022]. Verfügbar unter: https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Gesetze/Stellungnahmen/sorgfaltspflichtengesetz-vda.pdf?jsessionid=64E7BAAC8DC6C9C8022CCF11DFBB2703.delivery1-replication?__blob=publicationFile&v=2
- [136] **Meissner F.** Computer on wheels: Disruption in automotive electronics and semiconductors; 2020 [Stand: 07.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/The-car-will-become-a-computer-on-wheels.html>
- [137] **Eclipse Foundation Inc.** Eclipse Dataspace Connector; o.J. [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://projects.eclipse.org/projects/technology.dataspaceconnector>
- [138] **Walthart G, Groeneveld K.** Over the air: updates become upgrades at Mercedes-Benz: Always up to date: Mercedes-Benz vehicles are constantly learning over the air; 2021 [Stand: 05.11.2022]. Verfügbar unter: <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Over-the-air-updates-become-upgrades-at-Mercedes-Benz-Always-up-to-date-Mercedes-Benz-vehicles-are-constantly-learning-over-the-air.xhtml?oid=48822484>
- [139] **Statista.** Gesamtes Transportaufkommen von Gütern in Deutschland im Zeitraum von 2000 bis 2021; 2022 [Stand: 12.12.2022]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/7041/umfrage/gesamtes-gueteraufkommen-in-deutschland/>
- [140] **Statista.** Transport- und Logistikbranche Deutschland; 2022 [Stand: 12.12.2022]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/studie/id/6329/dokument/transport-und-logistikbranche-deutschland-statista-dossier/>
- [141] **HERCUTEC Chemie GmbH.** HERCUTEC Pentane; o.J. [Stand: 07.11.2022]. Verfügbar unter: <https://www.hercutec-pentane.de/produkte/>

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML
Dr. Saskia Sardesai
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund

<https://www.iml.fraunhofer.de/scm>