

MHP

A PORSCHE COMPANY

LOGISTIK 4.0

Intelligent, Integriert, Autonom



Inhalt

01 Einleitung

- 1.1 [I]IoT-Transformation: End-to-End-Ansatz
- 1.2 Logistik 4.0: Vertikale & horizontale Integration

4

6

7

- 4.3 FTF als Universalmittel
- 4.4 Smarte Inventur
- 4.5 Drohnen als Logistikhilfsmittel
- 4.6 Algorithmische modulare Produktion

24

25

25

25

02 Veränderungen in der Logistik

- 2.1 Trend zu kleinteiligeren Lieferungen
- 2.2 Neue Anforderungen an die Citylogistik

11

12

14

05 Outbound – Lieferung

28

- 5.1 Standort-Tracking
- 5.2 Mega-City-Logistik-Hubs

30

30

03 Inbound-Prozess

16

- 3.1 Autonomer Beschaffungsprozess
- 3.2 Veränderungen der Transportmittel
- 3.3 Stichwort Intermodularität
- 3.4 Unterirdische Potenziale nutzen
- 3.5 Fliegende Warenlager und unbemannte Boote

18

18

18

20

20

06 Zusammenfassung und Ausblick

33

- 6.1 Zusammenfassung
- 6.2 Ausblick

34

34

04 Inhouse-Logistik

22

- 4.1 Lagerhaltung der Zukunft: Warehousing 4.0
- 4.2 Kommissionierung: rund 20 Prozent des logistischen Aufwands

24

24

07 Weitere Informationen

36

- 7.1 Autoren
- 7.2 Literaturverzeichnis
- 7.3 Credits

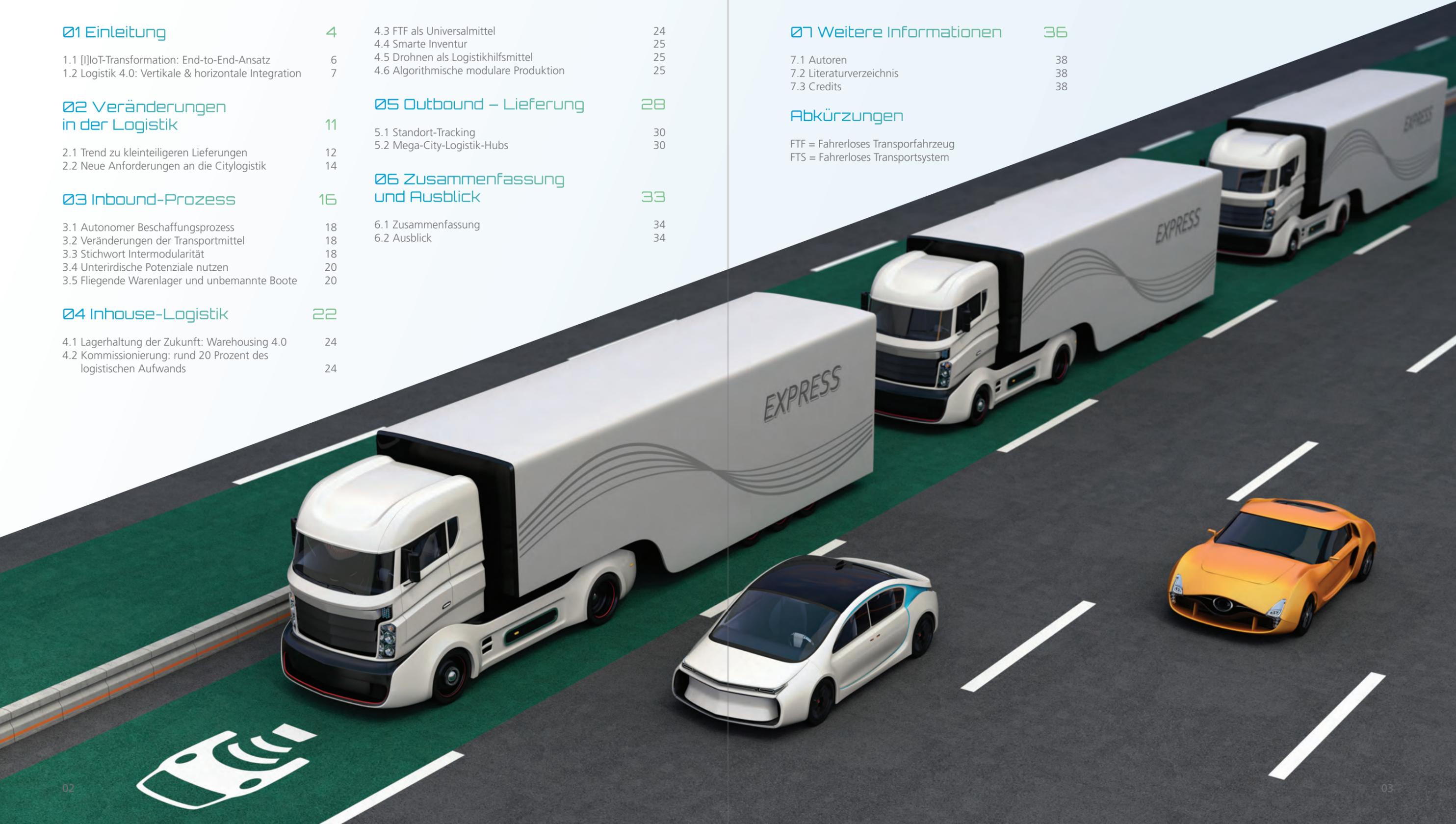
38

38

38

Abkürzungen

- FTF = Fahrerloses Transportfahrzeug
- FTS = Fahrerloses Transportsystem



01

Einleitung

Ein Ausblick auf
die Logistik von
Unternehmen und
Städten etwa um
das Jahr 2040

Mit diesem White Paper möchten wir von MHP einen Ausblick auf die Logistik von Unternehmen und Städten etwa um das Jahr 2040 herum geben. Anhand der Wertschöpfungskette von produzierenden Unternehmen stellen wir mögliche Innovationen im Logistikbereich vor und zeigen potenzielle Szenarien auf – von der Beschaffungslogistik über die Produktionslogistik bis hin zur Distributionslogistik. Dabei werden Visionen und innovative Themen angerissen und näher erläutert, an denen aktuell geforscht wird.

Aufgrund der starken Abhängigkeit und Interaktion zwischen der Unternehmens- und Citylogistik diskutieren wir bei denkbaren Anwendungsfällen zusätzlich passende Synergien zu möglichen Gestaltungsszenarien einer künftigen Citylogistik um 2040.

Grundsätzlich können die vorgestellten Themen jedoch nie losgelöst vom Gesamtprozess der digitalen Transformation eines Unternehmens gesehen werden. Nur durch die Umstellung auf einer durchgehend vernetzten Supply-Chain mit direkter Anbindung an die dazugehörige Produktion lassen sich nach unserer Einschätzung die großen Potenziale einer Industrie 4.0-Umgebung realisieren.

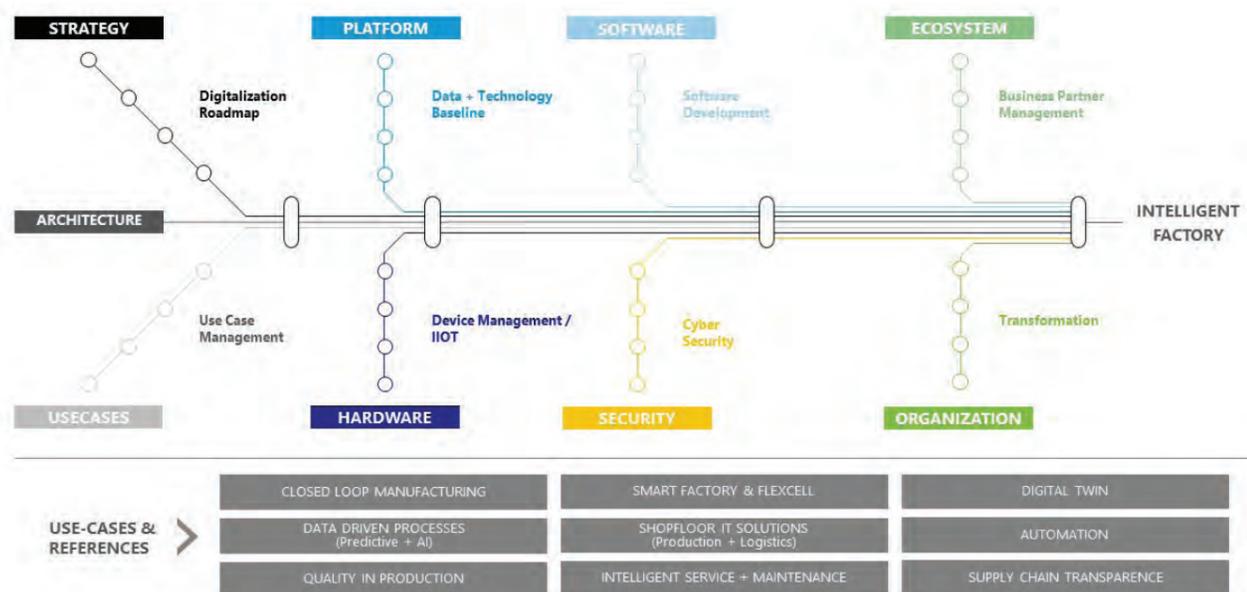
1.1 [I]IoT-Transformation: End-to-End-Ansatz

Die Themen [I]IoT und Digitale Transformation sind vielschichtig und komplex. Einerseits müssen Handlungsfelder und Anwendungsfälle für Unternehmen konkret und möglichst in kleinen Projekten bzw. Produkten definiert werden. Andererseits ist die Einbettung aller Aspekte in einen End-to-End-Ansatz enorm wichtig.

Somit ist neben der Durchgängigkeit von Strategie, Konzeption und Roadmap hin zur Implementierung und dem Betrieb von Lösungen und Technologien auch die End-to-End-Betrachtung sowie die Verzahnung der einzelnen Themengebiete ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die [I]IoT-Transformation.

Der IoT-Einsatz in smarten und intelligenten Fabriken erfordert ein reibungsloses Zusammenspiel aller dargestellten Disziplinen (siehe Grafik 1) innerhalb der Architektur eines Digitalisierungsprojekts. Nur mit dem richtigen Fahrplan und dem Fokus auf die relevanten Stationen werden Themen und technologische Lösungen gewinnbringend und vor allem nachhaltig umgesetzt. In diesem White Paper nehmen wir speziell für den Bereich Logistik eine End-to-End-Betrachtung vor.

MHP [I]IoT-Fahrplan



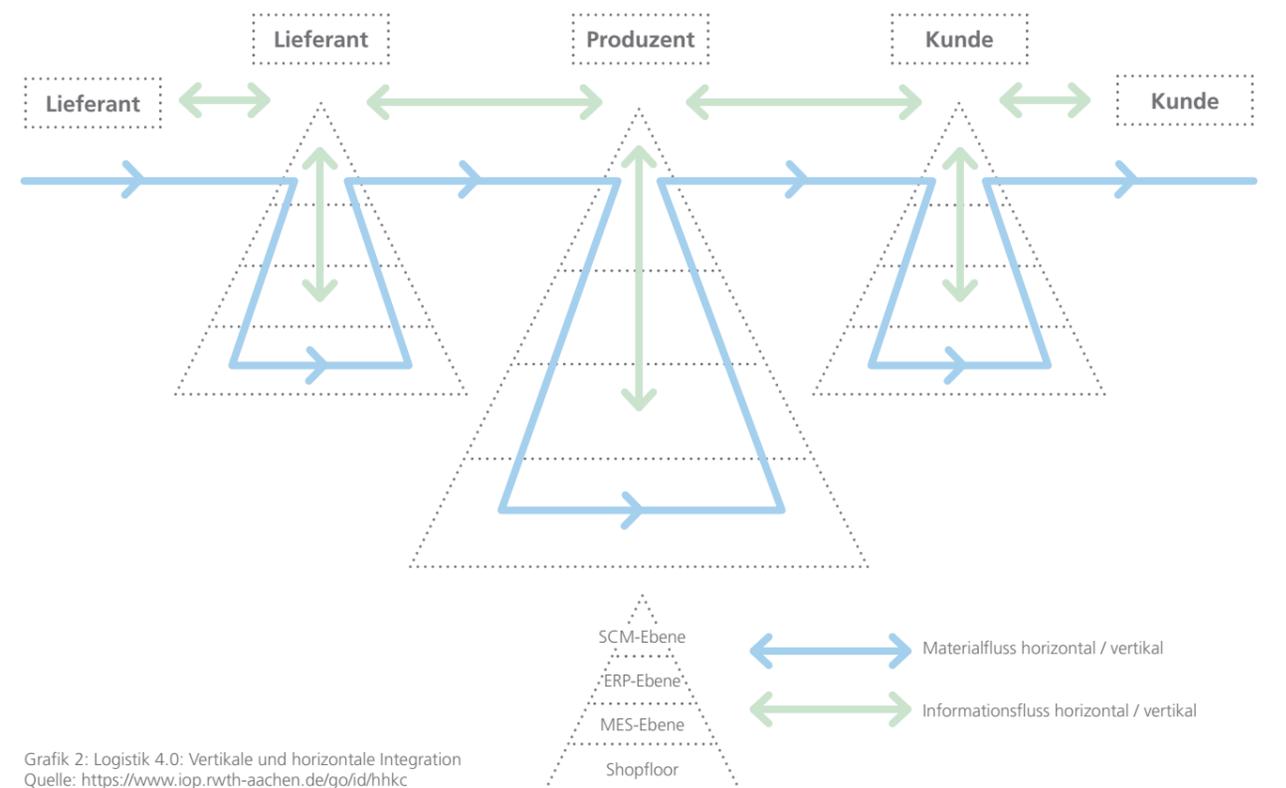
Grafik 1: MHP [I]IoT-Fahrplan
Quelle: MHP

1.2 Logistik 4.0: Vertikale & horizontale Integration

Die Digitalisierung stellt die Logistikbranche weltweit vor enorme Herausforderungen. Fast täglich werden neue Technologien vorgestellt, die digitale Innovationen für die Logistikbranche ermöglichen. Dabei ist im Rahmen der Supply-Chain-Digitalisierung der Blick auf die horizontale und vertikale Integration in Unternehmen von großer Bedeutung. „Unter vertikaler Integration (innerbetrieblich) wird die Harmonisierung und Integration der unternehmensinternen Informationstechnologien von der automatisierten Erfassung hochauflösender Bewegungsdaten (z.B. durch RFID) bis zur Nutzung dieser Daten in übergeordneten Planungs- und Steuerungssystemen (z.B. Manufacturing Execution System, kurz MES) verstanden. Unter horizontaler Integration (überbetrieblich) wird ein unternehmensübergreifender Austausch relevanter Informationen entlang der Lieferkette verstanden. Sie befähigt Unternehmen, reibungslos elektronische Nachrichten wie Bestellungen, Bestellbestätigungen, Lieferavisen usw. papierlos und ohne großen Zeitverzug auszutauschen. Gleichzeitig ermöglicht die horizontale Integration, logistische Kooperationskonzepte wie

das Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) effizient einzusetzen und so die Gefahr von sich aufschaukelnden Beständen und Bestellmengen (der sogenannte Bullwhip-Effekt) deutlich zu verringern“.[1]

Angelehnt an Industrie 4.0 – die Bezeichnung für eine digitalisierte Industrieumgebung – wird eine digitalisierte Logistikinfrastruktur Logistik 4.0 genannt. Darunter ist die vollständig integrierte Vernetzung von allen beteiligten Supply-Chain-Komponenten eines Unternehmens zu verstehen. Im Endstadium der Logistik 4.0 werden zwei Dimensionen unterschieden: Die erste Dimension beschreibt den End-to-End-Prozess entlang der Supply-Chain vom Lieferanten bis zum Kunden. Die zweite definiert sich durch kollaborative Produktionsnetzwerke, die künftig selbststeuernde und vollautomatische Logistikprozesse in Unternehmen realisieren. So lange der Soll-Prozess dem Ist-Prozess entspricht, findet in einer solchen selbststeuernden Supply-Chain der eigentliche Wertschöpfungsprozess statt – ohne notwendige Interaktion von außen. Bei Störungen unterscheidet man zwischen First- und Second-Level-Support. First-Level-Support-Störungen können vom System eigenständig behoben werden. Erst bei schwerwiegenden Problemen, die eine Entscheidungsbewertung benötigen, wird von außen eingegriffen – zum Beispiel durch einen Logistikmitarbeiter.



Grafik 2: Logistik 4.0: Vertikale und horizontale Integration
Quelle: <https://www.iop.rwth-aachen.de/go/id/hhkc>

Der **globale Handel** mit Gütern und Dienstleistungen wird sich voraussichtlich im Jahr **2030** mehr als **verdreifachen**.

Quelle: PWC 2012, Transportation & Logistics 2030 Volume 5: Winning the talent race

In urbanen Ballungsräumen kann durch eine **Paketzustellung über Nacht** mit geräuscharmen Fahrzeugen die Kapazität um **20 bis 30 Prozent** erhöht werden.

Quelle: BVL 2018, 20 Trends die in der City die Logistiker bewegen

20%

aller Verkehrsunfälle mit Todesfolge werden von Güterkraftfahrzeugen verursacht.

Quelle: Statistisches Bundesamt 2018, Verkehrsunfälle, Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr 2018



Bis 2030 **verdreifacht** sich das Volumen an Paketauslieferungen.

Quelle: McKinsey 2019, Bulky is beautiful: How Wayfair is poised to meet massive new demand for home goods – and home delivery



Die **Nutzungsrate autonom** fahrender **Lkws** steigt bis 2030 von aktuell **29%** auf **78%**.

Quelle: strategy& 2018, Strategy& Truck Study 2018: Digitalisierung und autonomes Fahren halbieren Logistikkosten bis 2030

Die Lieferung von Einkäufen mit Drohnen findet bei **50 Prozent** der Deutschen Anklang.

Quelle: bitkom 2019, Großes Interesse an Drohnen-Lieferungen



Digitalisierte sowie automatisierte Logistikprozesse und Lieferfahrzeuge **senken die Logistikkosten** für standardisierte Transporte bis 2030 um **47 Prozent**.

Quelle: strategy& 2018, Strategy& Truck Study 2018: Digitalisierung und autonomes Fahren halbieren Logistikkosten bis 2030

Vollautonome Güterkraftfahrzeuge sind ab 2025 im öffentlichen Verkehr zu erwarten.

Quelle: Roland Berger 2018, Shifting up a gear Automation, electrification and digitalization in the trucking industry

40%

aller deutschen Lkw-Fahrer gehen bis 2030 in Rente – dadurch entsteht eine **Bedarfslücke von 150.000 Fahrern**.

Quelle: Roland Berger 2020, FreightTech Treiber für die Logistik der Zukunft – FreightTech-White Paper 2020



” Die Logistik 4.0 schafft durch die Informatisierung aller an einer Logistikkette beteiligten Einheiten die Grundlage, um sich in Situationen wie der Corona-Pandemie, aber auch im alltäglichen Wandel flexibel positionieren zu können.“



Veränderungen
in der Logistik

Laut dem Global Connectedness Index ist die Welt stärker vernetzt als zu fast jedem früheren Zeitpunkt. Diese globale Verflechtung ist zwar ein entscheidender Treiber für Wachstum und Wohlstand, verursacht aber auch große Abhängigkeiten im Bereich der Unternehmens- und der City-Logistik. Da veränderte Rahmenbedingungen der Umwelt ganze Wertschöpfungs- und Lieferketten beeinflussen können, gewinnen diese Abhängigkeiten besonders an Bedeutung. Um trotzdem effiziente Logistikketten gewährleisten zu können, ist die kontinuierliche, flexible und schnelle Reaktion zusammen mit einer Anpassung der gesamten Logistik von hoher Wichtigkeit.

Ein aktuelles Beispiel, das die Relevanz dieser Anpassungsfähigkeit verdeutlicht, ist das Corona-Virus (SARS-CoV-2, Covid-19). Dessen internationale Ausbreitung stellt jeden einzelnen Logistikakteur bei der Beschaffung und Lieferung von Waren vor große Herausforderungen. Etablierte Lieferketten müssen auf Produktionsausfälle, regulatorische Unsicherheiten, neue Auflagen, geschlossene Grenzen und zunehmende Kontrollen reagieren. Zudem gilt es, weitere Aspekte wie Arbeitskräftemangel, begrenzte Transportkapazitäten und finanzielle Herausforderungen von Unternehmen und Städten zu berücksichtigen. Schnelle Reaktionen, Flexibilität und das bestmögliche Ausschöpfen vorhandener Kapazitäten sind bei diesen Herausforderungen existenziell. Zahlreiche Experten gehen davon aus, dass der bereits heute stattfindende Anstieg des Online-Handels nach der Corona-Krise weiter anhält. Dementsprechend sind für die Verteilzentren und die gesamte Verteillogistik dringend neue Konzepte notwendig, um den angestrebten Durchsatz leisten zu können und beispielsweise in Innenstädten den Zustellverkehr zu begrenzen.

Die Logistik 4.0 schafft durch die Informatisierung aller an einer Logistikkette beteiligten Einheiten die Grundlage, um sich in Situationen wie der Corona-Pandemie, aber auch im alltäglichen Wandel flexibel positionieren zu können. Dies bedeutet, dass die Logistik 4.0 nicht nur durch neue Technologien und deren Einsatzmöglichkeiten vorangetrieben, sondern auch von einzelnen Teilnehmern des globalen Marktes nachgefragt und künftig vorausgesetzt wird.

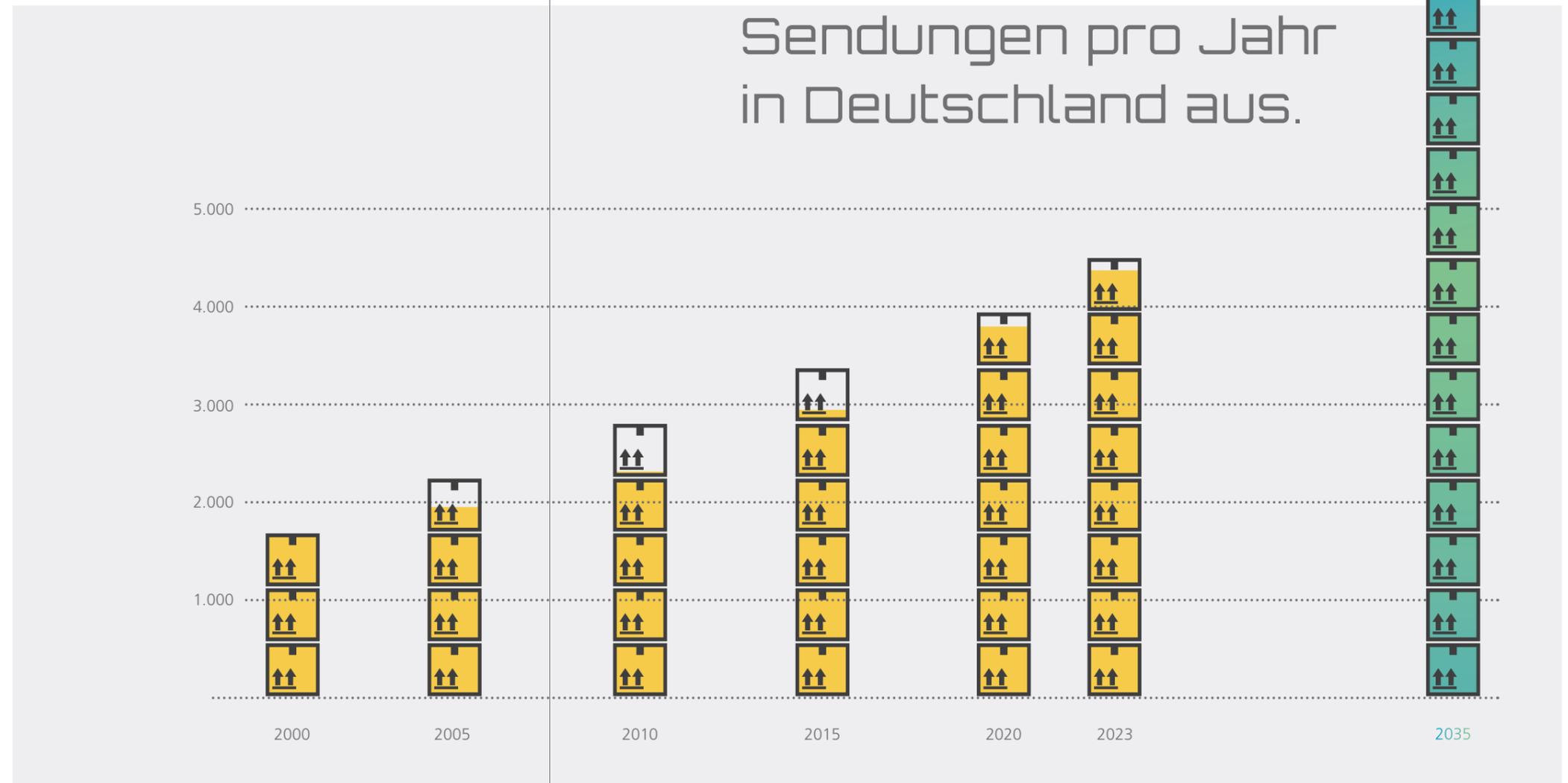
2.1 Trend zu kleinteiligeren Lieferungen

Die zunehmende Urbanisierung, der Anstieg des E-Commerce sowie steigende Kundenerwartungen und wachsende Anforderungen an die Flexibilität von Einzelhändlern haben enorme Auswirkungen auf die Logistikbranche. Bereits heute ist es für Kunden selbstverständlich, bestellte Ware schnell und gemäß den individuellen Bedürfnissen nach Hause geliefert zu bekommen. Statistiken zeigen, dass die Zahl der Kurier-, Express- und Paketdienstsendungen (KEP) in Deutschland zwischen 2008 (2.230 Millionen) und 2018 (3.520 Millionen) um ca. **58 Prozent** gestiegen sind. Prognosen sehen für das Jahr 2023 ca. 4.430 Millionen Warensendungen, was einem Anstieg von ca.

99 Prozent gegenüber 2008 entsprechen würde. **Bis 2035 gehen wir von einer Menge von 8,5 Milliarden Sendungen pro Jahr in Deutschland aus.** Dies entspricht weit mehr als einer Verdopplung der heutigen Zahl.

Die steigenden Erwartungen an immer schnellere individuelle Sendungen führen zu deutlich mehr kleinteiligen Lieferungen. Die Folgen dieser Entwicklung sind dramatisch und zeigen sich nicht nur anhand des zunehmenden Fernverkehrs sowie unzähliger Zustellfahrzeuge in den Städten, sondern auch in der CO2-Bilanz. Mittlerweile verursachen Lastkraftwagen 19 Prozent aller Schadstoffemissionen auf deutschen Straßen und tragen so maßgeblich zur Verschlechterung der Luftqualität bei. Studien zeigen darüber hinaus, dass die urbanen Warenströme eine Steigerung des derzeitigen Transportaufkommens von 3.747 Millionen Tonnen (2018) auf 4.011 Millionen Tonnen im Jahr 2022 verursachen werden. Dies würde einem Anstieg um 7 Prozent entsprechen und somit einen massiven Einfluss auf die gesamte Verkehrslandschaft und die Menschen haben.

Bis
2035
gehen wir von
einer Menge von
8,5 Milliarden
Sendungen pro Jahr
in Deutschland aus.



Grafik 3: Entwicklung Warensendungen bis 2035
Quelle: MHP // <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154829/umfrage/sendungsmenge-von-paket-und-kurierdiensten-in-deutschland/>

2.2 Neue Anforderungen an die Citylogistik

Um die steigenden Warenströme kontrolliert und koordiniert leiten zu können, sind auch Städte gezwungen, neue Logistikkonzepte zu etablieren. In Zukunft müssen bewährte Transportwege effizienter genutzt werden, beispielsweise durch Fahrzeiteinschränkungen für Gütertransporte oder Bonuszeiten. Zusätzlich sollten neue innovative Transportwege entstehen. Dabei dürften für den Gütertransport bisher relativ wenig genutzte Optionen wie unterirdische Transportwege an Bedeutung gewinnen. Auch der Lufttransport wird stärker denn je eingebunden sein und den Straßentransport entlasten. Insbesondere zu Beginn werden Städte von der Autonomie und den zahlenmäßig geringen Störeinflüssen in diesen beiden Umgebungen profitieren. In Hinblick auf die Flächennutzung müssen jedoch Standards für ein innovatives Abstellmanagement und die Modularität in den Fördermitteln definiert werden. Entlang der bestehenden Transportadern werden 6G-unterstützte Anwendungen das Grundgerüst für die digitale Infrastruktur bilden. Eigens dafür entwickelte Plattformen werden, basierend auf definierten Nutzungsbedingungen, unterschiedlichen Verkehrsträgern offenstehen und einen höheren Auslastungsgrad aufweisen. In Unternehmen wiederum wird die Intralogistik durch vollständig integrierte autonome Transport- und Prozesssysteme sowie durch Smart Devices revolutioniert. Bestehende Berufsbilder wie Einkäufer, Lagerarbeiter oder Materialbereitsteller werden sich aufgrund der Autonomie und Automatisierung drastisch verändern.

Das Thema Nachhaltigkeit wird in der Logistiklandschaft 2040 deutlich umfassender berücksichtigt sein als bisher. Transportfertige Fracht und leere Transportmittel werden durch Optimierungsoftware, die Einbindung von Spediteuren sowie innovative Ladungsträger schneller zusammengebracht – dies reduziert die CO₂-Bilanz pro Transport. Zudem werden elektrisch angetriebene Lkw und Schiffe mit alternativen Antriebsformen mit weiteren Verkehrskomponenten kommunizieren und interagieren (z.B. Schiff mit Schleuse), sodass auch sie autonom Waren befördern können.

Diese Beispiele geben nur einen kleinen Vorgeschmack, wie gespannt die Welt auf die Entwicklungen in der Logistikbranche bis 2040 blicken darf. Im Folgenden erläutern wir konkrete Beispiele von aktuellen Forschungsprojekten näher und stellen mögliche Szenarien entlang der Supply-Chain dar – beginnend mit dem Inbound-Prozess.

MHP Studie: [5]
„Robots Wanted – Der Einfluss der Digitalisierung auf die Workforce in der Automobilindustrie“



In Unternehmen wiederum wird die Intralogistik durch vollständig integrierte autonome Transport- und Prozesssysteme sowie durch Smart Devices revolutioniert.



Inbound- Prozess

” Der klassische Inbound- und Zustellprozess via Lkw entwickelt sich durch alternative Transportwege und -mittel künftig noch mehr in Richtung des intermodalen Verkehrs.“

In diesem Abschnitt diskutieren wir die Frage, wie der Inbound-Prozess eines Unternehmens in Zukunft aussieht. Wird Material zunehmend mit Drohnen transportiert? Oder unterirdisch, vergleichbar mit einem Rohrpostsystem? Beide Konzepte werden schon heute in Pilotprojekten untersucht. Fakt ist: Der klassische Inbound- und Zustellprozess via Lkw entwickelt sich durch alternative Transportwege und -mittel künftig noch mehr in Richtung des intermodalen Verkehrs. Dabei wird der manuell gesteuerte Lkw in den nächsten fünf Jahren in definierten, abgesperrten Bereichen (vor Ort, z. B. auf Werks- oder Hafengeländen) durch automatisierte Schleppfahrzeuge ersetzt. Anschließend folgt eine Einsatzphase von teilautonomen Fahrzeugen, die in einigen Bereichen selbstständig fahren und in anderen Arealen manuell gesteuert werden – z. B. durch über Funk zugeschaltete Fahrer. Bis zum Jahr 2040 sind in vielen Anwendungsbereichen autonome Transportfahrzeuge unterwegs.

3.1 Autonomer Beschaffungsprozess

Die Beschaffung ist einer der ersten Unternehmensprozesse, der bis zum Jahr 2035 nahezu vollständig digitalisiert und autonom abgewickelt wird. Dank intelligenter, umfassender Vernetzung wird Material selbstständig beim Lieferanten nachbestellt, das in der Produktion verbraucht oder aus dem Lager entnommen wurde. Die operativen Tätigkeiten von Einkäufern und Disponenten werden sich dabei deutlich verändern. Das Berufsbild in diesem Bereich wird sich sowohl intern als auch extern hin zum Schnittstellenmanager entwickeln. Die Anforderungen an das IT-technische Verständnis werden enorm zunehmen und auch die Datenanalysefähigkeit wird in den Vordergrund rücken. Dennoch bleiben persönliche Kundenbeziehungen, insbesondere für nicht standardisierte Prozesse, ein wichtiger Faktor für den Erfolg von Lieferanten-Firmen-Beziehungen.

3.2 Veränderungen der Transportmittel

2040 sind auf den Straßen nur noch selten herkömmliche, mit Diesel betriebene Lkw zu sehen – vielmehr wurden sie durch fahrerlose, lokale und umweltfreundliche Transportmittel ersetzt. Wir sehen hier in den nächsten Jahren für Lkw mit kurzen Fahrtrouten wie z. B. in Ballungsgebieten einen steigenden Einsatz von batterieelektrischen Fahrzeugen. Hierzu muss eine passende Ladeinfrastruktur inklusive zugehörigem Netzausbau stattfinden. Für Langstrecken-Lkw wird Wasserstoff als lokal emissionsfreier Energielieferant eingesetzt und kurze Ladezeiten ermöglichen. Bereits Mitte 2019 wurde der erste autonome Lkw ohne Fahrerhaus erfolgreich in Schweden auf öffentlichen Straßen getestet. Durch die fehlende Fahrer-

kabine bietet dieses Logistikkonzept nicht nur Platzersparnis, es erhöht gleichzeitig die Kapazitäten für den Gütertransport. Derartige Systeme werden uns 2040 als Transportsystem ganz selbstverständlich auf den Straßen begegnen. So lange das autonome Fahren auf der kompletten Strecke noch nicht möglich ist, werden diese Fahrzeuge durch Platooning Energie einsparen und dank einer Echtzeit-Überwachung Waren planbar und mit hoher Termintreue zustellen. Auch die Eingliederung von nicht industriellen Waren wie privaten Konsumgütern wird so ermöglicht – und zwar äußerst umweltschonend und effizient. Im Zuge der vollständigen Vernetzung von Transportmitteln wird es künftig Unternehmen mittels Echtzeit-Verfolgung möglich sein, Verspätungen von Warenlieferungen vorherzusagen und automatisiert darauf reagieren zu können. Daraufhin lassen sich in der Produktion Maßnahmen wie das Ändern der Produktionsreihenfolge einleiten, Produktionsstillstände abwenden und teure Expresszustellungen reduzieren.

3.3 Stichwort Intermodularität

Aktuell sind in der Logistik nur selten verschiedene Verwendungen eines Verkehrsträgers wie beispielsweise ein Waren- und Personentransport zu unterschiedlichen Zeiten anzutreffen. Die Idee der grundsätzlichen Trennung von Fahrwerk und Aufbau beruht darauf, in Zukunft unterschiedliche Transport-

aufgaben mit demselben Fahrwerk übernehmen zu können. Standzeiten und Leerfahrten werden durch diese Intermodularität reduziert. Während heutzutage ein Schulbus zwischen 8 und 11 Uhr meist freie Kapazitäten hat, könnte bereits 2030 das Personentransportmodul dieses Busses durch ein Frachtraummodul ersetzt werden und in der bisher freien Zeit Güter transportieren. Der entscheidende Vorteil: Dies verringert die Zahl der Verkehrsträger auf den Straßen und reduziert Emissionen durch den Einsatz von hochpreisigen Fahrzeugen, die lokal emissionsfrei sind. MHP beteiligt sich aktiv als Sponsor an einem solchen Fahrzeugkonzept der Zukunft. „Rinspeed Snap Motion“ und „Rinspeed MICROSAP“ verkörpern diese Intermodularität und setzen weitergehende Impulse in der urbanen Mobilität.

Die effiziente Nutzung von Betriebsmitteln, Transportrouten und der sonstigen Infrastruktur wird basierend auf einer kontinuierlich steigenden Nachfrage vorangetrieben. Aber auch rechtliche und politische Rahmenbedingungen gewinnen dabei immer mehr an Bedeutung.

Fahrzeugkonzept der Zukunft:
 „Rinspeed Snap Motion“ und
 „Rinspeed MICROSAP“



Frachtmodul



Personenmodul

3.4 Unterirdische Potenziale nutzen

Stark überfüllte Verkehrswege zur Rushhour mit sperrigen Sattelzügen und Dutzenden kleinen Transportfahrzeugen gehören in vielen Städten und Verkehrsknotenpunkten zum Alltag. Wie bereits erwähnt, ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich dieser Zustand durch die Urbanisierung weiter zuspitzt – bis hin zum möglichen Stillstand. Dementsprechend steht es außer Frage, dass die heute verwendeten Transportmittel im Jahr 2040 durch neue Alternativen zur Versorgung von Unternehmen und Privatpersonen ergänzt werden. Bereits jetzt entwickeln und spezialisieren sich Unternehmen auf die Integration unterirdischer Transportwege in der Logistikbranche. Unter anderem entstehen Plattformlösungen, die den Gütertransport unter der Erde koordinieren und autonom leiten sollen. Dieses Konzept lässt sich nicht nur auf industrielle Warenströme zwischen Lieferanten und Unternehmen anwenden, es bietet auch großes Potenzial hinsichtlich einer intelligent vernetzten City-Logistik. Durch sogenannte Hubs an den Start- und Endpunkten wichtiger Transportstrecken gelangen Waren, Pakete sowie andere Materialien wie z. B. Baustoffe per Aufzug in die unterirdische Infrastruktur. Dort stehen mit vernetzten Waggons bzw. voll elektrischen Förderbändern mit Transportmodulen unbemannte Fördermittel bereit. So ist es denkbar, dass schon 2030 erste Hubs in industriellen Ballungszentren entstanden sein werden, um möglichst viele Unternehmen zu versorgen und durch eine konzentrierte Nutzung die Emissionen der Transporte reduzieren. Wirkt sich dies wertschöpfend aus, so ist es auch vorstellbar, dass sich im nächsten Schritt Unternehmen mit eigenen Hubs an der unterirdischen Infrastruktur mit verschiedenen Lieferanten verbinden. Entscheidende Vorteile sind dabei die im Vergleich zum oberirdischen Gütertransport geringen Störeinflüsse der Umwelt. Die Wahrscheinlichkeit für verspätete Warenlieferungen bzw. daraus resultierende Produktionsstillstände könnten signifikant gesenkt werden. Beim Umweltschutz trägt dieses Konzept darüber hinaus auch zur Erhaltung der Natur bei, da keine neuen zusätzlichen Verkehrswege wie Straßen entstehen müssen.

Ein Schweizer Unternehmen spezialisiert sich auf exakt dieses Logistikkonzept und plant einen ersten unterirdischen ca. 70 Kilometer langen Streckenabschnitt zwischen Härkingen-Niederbipp und dem Stadtrand von Zürich. Dieser soll bis zum Jahr 2030 in Betrieb genommen werden. Ziel ist es dabei, zwischen dieser Verbindung strategisch sinnvolle Zwischenhubs entstehen zu lassen – vorwiegend in industriellen Ballungszentren. Erweist sich dies als Erfolg und wirtschaftlich sinnvoll, ist es nur noch eine Frage der Zeit, bis der Rest der Schweiz unterirdisch vernetzt Güter von A nach B transportiert.

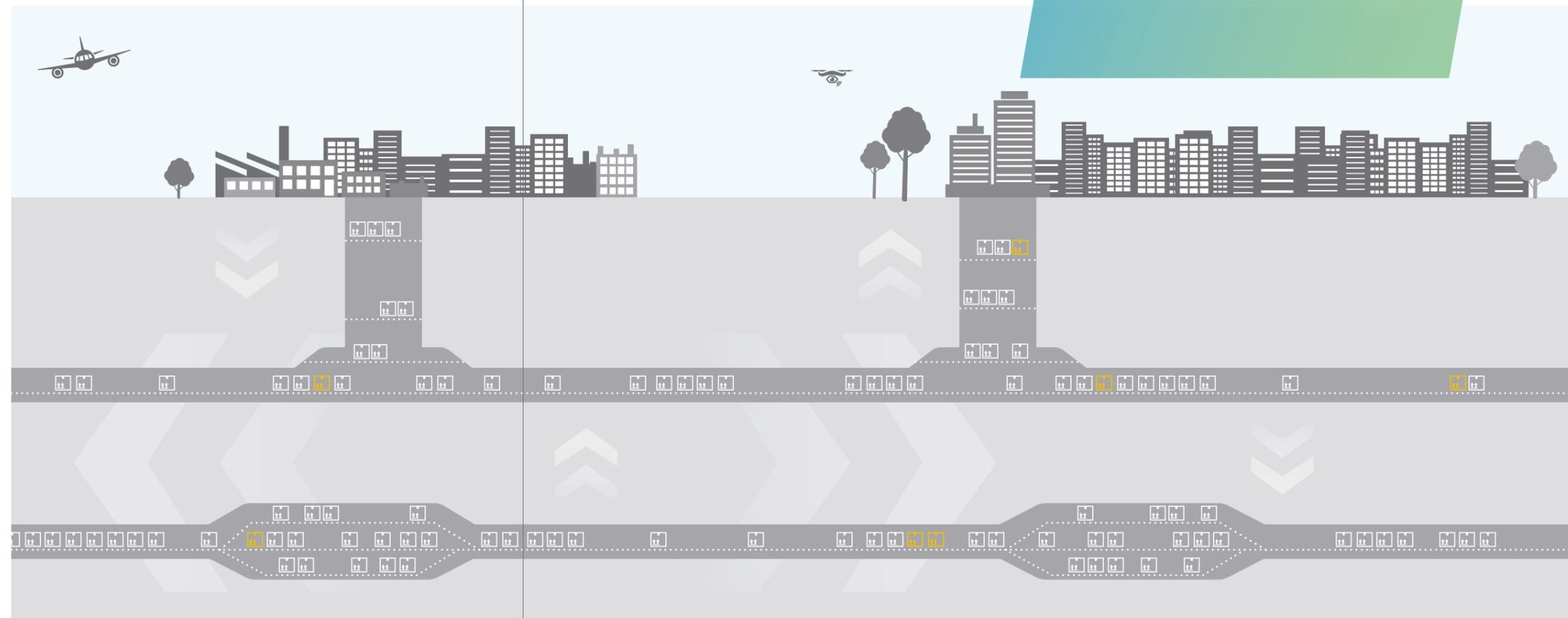
3.5 Fliegende Warenlager und unbemannte Boote

Neben unterirdischen Konzepten wird in der Logistikbranche auch nach alternativen Transportmitteln für den Luftverkehr geforscht. Hier geht es ebenfalls darum, von weniger Störeinflüssen profitieren zu können. Die mögliche Belieferung durch Drohnen ist bereits bekannt und nach aktuellem technischem Standard umsetzbar. Auch wenn die Drohnenhersteller in den Startlöchern stehen, sind für dieses Logistikkonzept noch zahlreiche rechtliche Rahmenparameter zu klären. Denkbar ist, dass es bis 2025 die rechtliche Lage in einigen Ländern erlaubt, erste Materiallieferungen mit Drohnen im täglichen Betrieb durchzuführen. Besonders visionär forscht derzeit ein US-amerikanisches Unternehmen an einem Konzept, das sprichwörtlich als Lager in der Luft fungiert. Ein riesiges Luftschiff soll dabei als zentrales Lager dienen, gefüllt mit Materialien bzw. Paketen für Unternehmen und Privatpersonen. Über autonome Drohnen wird die letzte Meile zum Endkunden direkt aus dem Luftschiff heraus zurückgelegt. Passend zu diesem Konzept gibt es bereits erste Neubauimmobilien mit einem integrierten Drohnenlandeplatz in Ludwigsburg.

Im Vergleich zum fliegenden Lager ist es jedoch realistischer, dass ab 2035 bestimmte Materiallieferungen zu Unternehmen

und Städten mit autonomen Schiffen abgewickelt werden. Als Teil des Transportweges im Inbound-Prozess eines industriellen Unternehmens weist der Schiffsverkehr aktuell bei einem bisher geringen Digitalisierungsgrad großes Potenzial auf. Ein auf fünf Jahre angelegtes Forschungsprojekt, das gemeinsam vom Massachusetts Institute of Technology (MIT), dem Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS), der Delft University of Technology (TUD) und der Wageningen University and Research (WUR) durchgeführt werden soll, beschäftigt sich derzeit mit den Optionen dieses Logistikkonzeptes. [8] Auch in Berlin wurde im Juli 2019 von der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, der Technischen Universität Berlin und der Berliner Hafen- und Lagerhausgesellschaft das Projekt „A-Swarm“ ins Leben gerufen. [9] Ziel ist es auch hier, den Gütertransport rund um Berlin mehr auf Wasserwege zu verlegen und durch autonome, koppelbare und elektrisch betriebene Wasserfahrzeuge einen Beitrag zur modernen City-Logistik zu leisten. Auch On-Demand-Lösungen wie etwa variable Brücken in Städten könnten durch solche kompakten autonomen Boote realisiert werden. Es ist demnach durchaus realistisch, dass wir im Jahr 2030 erste autonome Gütertransporte auf dem Wasser sehen.

Durch sogenannte Hubs an den Start- und Endpunkten wichtiger Transportstrecken gelangen Waren, Pakete sowie andere Materialien wie z. B. Baustoffe per Aufzug in die unterirdische Infrastruktur. Dort stehen mit vernetzten Waggons bzw. voll elektrischen Förderbändern mit Transportmodulen unbemannte Fördermittel bereit.



Grafik 4: Unterirdische Hubs
Quelle: <https://www.innofrator.com/cargo-sous-terrain-will-guetertransport-unter-die-erde-verlegen/>

„Anstatt starrer Produktionsprozesse werden künftig im laufenden Betrieb Entscheidungen mittels Algorithmen selbstständig vom System getroffen.“



Inhouse-
Logistik

Nachdem wir mögliche Gestaltungsszenarien für den künftigen Inbound-Logistikprozess dargestellt haben, gehen wir in diesem Abschnitt auf die vertikale Logistik ein – sie wird auch als Inhouse-Logistik eines produzierenden Unternehmens bezeichnet. Höhere Arbeitsgeschwindigkeiten, individuelle Kundenwünsche und eine Vielzahl an neuen technischen Möglichkeiten verändern bis 2040 teils massiv die Inhouse-Logistik der Industrie. Innovative Unternehmen werden eine vollständige Vernetzung aufweisen. Der Informationsaustausch zwischen Komponenten und Abteilungen erfolgt dort dann fast zu 100 Prozent autonom. Dabei werfen vollautomatisierte Abläufe wie die Steuerung von Material und Produktion die Frage auf, ob es Berufe wie Schichtleiter und Lagermitarbeiter mit deren aktuellen Aufgabenspektren noch geben wird. Anstatt starrer Produktionsprozesse werden künftig im laufenden Betrieb Entscheidungen mittels Algorithmen selbstständig vom System getroffen. Diese algorithmisch basierte Produktion verdrängt die bisherigen Insellösungen, da sie eine flexiblere, schnellere und kostengünstigere Produktion ermöglichen. Nachfolgend geben wir Einblicke in potenzielle logistische Inhouse-Szenarien. Dabei werden aktuelle Themen im Lager und in der Produktion vorgestellt. MHP hat in diesem Kontext bei einer Vielzahl von Softwareimplementierungen für Lagerverwaltungs- und Transportmanagementsysteme (z. B. SAP WM, EWM und TM) wertvolle Erfahrungen gesammelt und effiziente Lösungen für die Kunden realisiert.

4.1 Lagerhaltung der Zukunft: Warehousing 4.0

Manuelle Qualitätskontrollen und Mengenprüfungen von Materialien sowie deren Transport mit Hubwagen oder Gabelstaplern sind heute ein sehr verbreitetes Bild in Lagern von industriellen Unternehmen. Im Jahr 2035 führen dies autonome Transportfahrzeuge auf den Werksgeländen aus, wobei die Objekte permanent miteinander im Austausch stehen und sich über Barcodes, RFID und aktive Tracker identifizieren.[16] Dabei kommen zusätzlich in speziellen Bereichen Funktechnologien wie Bluetooth, NB-IoT, UWB (Ultra-wideband) oder 5G zum Einsatz, um eine lagerübergreifende Kommunikation mit allen logistischen Elementen zu ermöglichen. Durch die Verbindung von sensor- und kamerabasierten Technologien mit intelligenten Ladungsträgern werden erste vollautonome, selbststeuernde Supply-Chains entstehen. Wenn man dies noch weiterdenkt, könnten sich die Ladungsträger zu Transportverbänden zusammenschließen und eigenständig kommunizieren, sich positionieren, transportieren und – unterstützt durch künstliche Intelligenz – auch Aufträge untereinander priorisieren. Außerdem besteht die Chance, dass sich auf Basis der gesammelten Daten das bestehende System kontinuierlich optimieren lässt. Im Themengebiet Auto-Identifikation, insbesondere RFID und aktive Tracker, haben wir mit MHP eine Spezialabteilung etabliert, die schon heute fast alle OEM in diesem Umfeld unterstützt und die passende IT-Integration liefern kann.

4.2 Kommissionierung: rund 20 Prozent des logistischen Aufwands

Die immer kürzer werdenden Lebenszyklen von Produkten erhöhen die Anzahl der notwendigen Materialien in Unternehmen. Dadurch steigen die Aufwände für Ein- und Auslagerungen sowie die Kommissionierung erheblich und könnten in naher Zukunft die Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigen. Bereits heute bindet die Kommissionierung ca. 20 Prozent des logistischen Aufwands von Unternehmen und stellt einen großen Kostenfaktor dar. Zahlreiche Firmen haben das erkannt und forschen an neuen Technologien – zum Beispiel an einem Kommissionier-Roboter oder neuen Picking-Systemen wie Pick-by-Watch. Zusätzlich sollen Smart Devices wie voll vernetzte Handschuhe mit Sensoren sowie Datenbrillen zum Scannen und Prüfen von Labels mittelfristig flächendeckend zum Einsatz kommen und diesen Teilprozess optimieren. Auch MHP entwickelt derzeit ein innovatives Pick-by-Voice-System, genannt Voiceee. Durch die Nutzung von Natural Language Understanding (NLU) erkennt Voiceee Sprachbefehle in verschiedenen Sprachen und Dialekten nahezu fehlerfrei, sodass eine Einlernphase des Systems nicht mehr notwendig ist. Ziel ist eine Inbetriebnahme, die nahezu ohne menschliches Zutun funktioniert. Dementsprechend kann die Lösung aufgrund ihrer modularen Systemintegration kurzfristig installiert und schnell an bestehende IT-Landschaften angebunden werden. Statt einer hohen initialen Investition werden bei Voiceee mit einem Pay-per-Pick-Ansatz nur die laufenden Kosten in Rechnung gestellt. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten für die manuelle Kommissionierung.

4.3 FTF als Universalmittel

Bereits heute setzen moderne Unternehmen fahrerlose Transportfahrzeuge, kurz FTF, auf festgelegten und teilweise flexiblen Routen ein. In Zukunft werden sie nicht nur in der modularen Produktion Verwendung finden, sondern auch ein flexibles Tool im Lager zur Ein- und Auslagerung von Materialien darstellen. Unterschiedliche Ausprägungen von FTF wie etwa autonome Gabelstapler oder Schleppfahrzeuge für Einheitsladungsträger, die intelligent vernetzt in einen voll automatischen Routenzug integriert werden können, werden zum einen die Prozesszeit verringern und zum anderen auch die Flexibilität innerhalb eines Unternehmens erhöhen.

4.4 Smarte Inventur

Auch die bislang weitverbreitete manuelle Inventur in Unternehmen wird bis 2035 durch Drohnen und Inventur-Roboter abgelöst. Im Jahr 2015 startete bereits ein deutsches Unternehmen die Testphase eines autonomen Inventur-Roboters. Mit UHF-RFID-Lesern kann er in einer Stunde mit einer Erfassungsquote von 99 Prozent ca. 2.000 Quadratmeter Fläche abfahren – dies spart nicht nur Zeit, es entlastet zudem enorm die Mitarbeiter. Neben Robotern eignen sich auch autonome Drohnen für die Durchführung von Inventuren in Lagern. Derzeit befindet sich der Reifegrad dieser Technologie bei ca. 25 Prozent und wird schätzungsweise bis 2030 auf ca. 85 Prozent steigen. Zahlreiche Demoprojekte laufen dazu aktuell in Unternehmen. Hierbei ist zu erwähnen, dass Inventur-Drohnen bisher nur in Lagern ohne Mitarbeiter zum Einsatz kommen. Dennoch sind Vorteile wie etwa die simultane Erfassung zweier Gangseiten, die Inventur über Nacht und der gleichzeitige Einsatz mehrerer Inventur-Drohnen in großen Lagern ausschlaggebend für eine Etablierung im Jahr 2040.

4.5 Drohnen als Logistikhilfsmittel

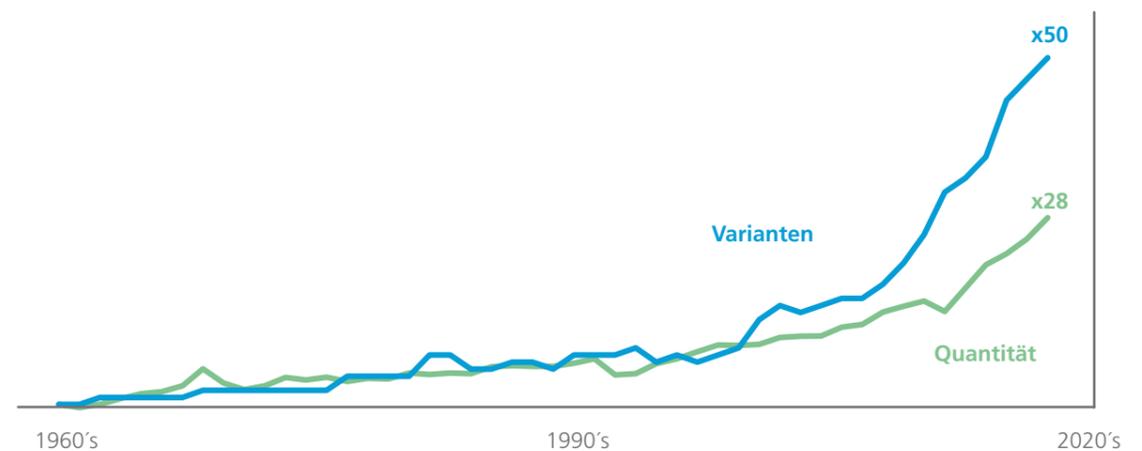
Drohnen ermöglichen nicht nur bei Inventuren Zeit- und Kostenersparnisse, sie eröffnen zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten in der Industrie. Aktuell findet ein Pilotprojekt bei einem deutschen Metallunternehmen statt. Dabei werden per Drohne Proben aus der Produktion in das Labor am anderen Ende des Werksgeländes transportiert. So können die Wegzeiten und der Einsatz eines Mitarbeiters für den Transport eingespart werden. Darüber hinaus ist die Drohne für pro-

duzierende Unternehmen auch in weiteren In- und Outdoor-Bereichen attraktiv: etwa für die Paketsuche, die Beförderung zeitkritischer Teile, das Asset-Monitoring in der Produktion, das Flottenmanagement oder das Prozess-Monitoring. Statistiken zeigen, dass es schon im Jahr 2018 ca. 474.000 Drohnen am Markt gab – davon wurden aber lediglich 19.000 kommerziell genutzt. [11]

Bis 2030 wird in Deutschland ein Bestand von ca. 850.000 Drohnen prognostiziert. Dabei soll die kommerziell genutzte Anzahl auf ca. 130.000 Drohnen ansteigen. Dies würde einen Anstieg um ca. 584 Prozent innerhalb von zwölf Jahren bedeuten. [12]

4.6 Algorithmische modulare Produktion

Auch in der Produktion müssen Industrieunternehmen umdenken, damit sie den steigenden Marktanforderungen gerecht werden können. Schon heute sind beispielsweise im Automobilsektor erste Auswirkungen der Geschwindigkeit der Digitalisierung zu spüren – und die Unternehmen stehen vor großen Herausforderungen, den Spagat zwischen Innovation und operativem Tagesgeschäft zu meistern. Statistiken in der Automobilbranche machen deutlich, dass in den letzten 60 Jahren die Stückzahl um den Faktor 30 und die Variantenvielfalt um den Faktor 50 gestiegen ist. [13] Und dieser Trend wird in Zukunft weiter anhalten. Es steht also außer Frage: Unternehmen müssen bei steigenden Varianten und Stückzahlen künftig flexibler und kostengünstiger produzieren.



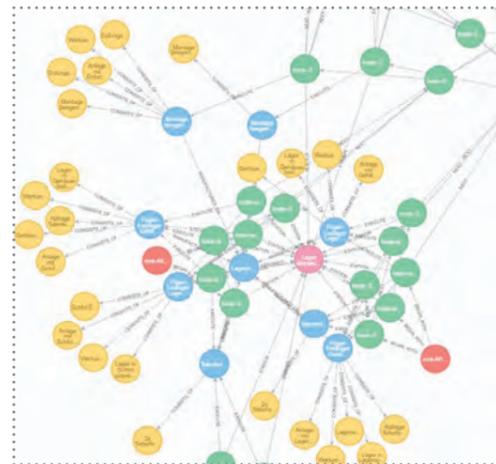
Grafik 5: Quelle: Paper 'Alternatives to assembly line production in the automotive industry'

Allerdings können traditionelle Produktionslinien diesem Variantenwachstum nur noch auf bestimmte Zeit standhalten. Eine Lösung ist hierbei der Umstieg von einer starren Inselfertigung zu einer modularen Produktion. Dabei bilden FTF die entscheidenden logistischen Instrumente, die im Jahr 2035 maßgeblich von Softwareprogrammen und künstlicher Intelligenz gesteuert werden. Wie bereits erwähnt, trifft das System auf Basis von Algorithmen parallel zu den stattfindenden Prozessen intelligente Entscheidungen. Denn in Kombination mit der Smart Factory-Einführung inklusive [I]IoT-Technologien stehen Unternehmen derzeit vor den Herausforderungen, komplexe Entscheidungen unter verschiedenen Restriktionen (z.B. Anzahl der Maschinen oder FTF) zu treffen, die aber in aktuellen Steuerungssystemen in Bezug auf fast echtzeitfähige Lösungen (< 10 Sekunden Reaktionszeit) noch nicht umgesetzt werden können. Mit MHP arbeiten wir an einem Algorithmus, der als sinnvoller „Optimierer“ zwischen der Produktionsplanung und der operativen Ausführung am Shopfloor integriert werden kann. Durch die Anbindung von Maschinendaten, FTF und weiteren Shopfloor-Meldepunkten kann der Algorithmus kurzfristig eine ideale Entscheidung für die Ausführung des Produktionsprogramms wie z.B. das Einlasten von Aufträgen in Maschinen oder die Zuweisung von Transportaufträgen an FTF treffen. [14]

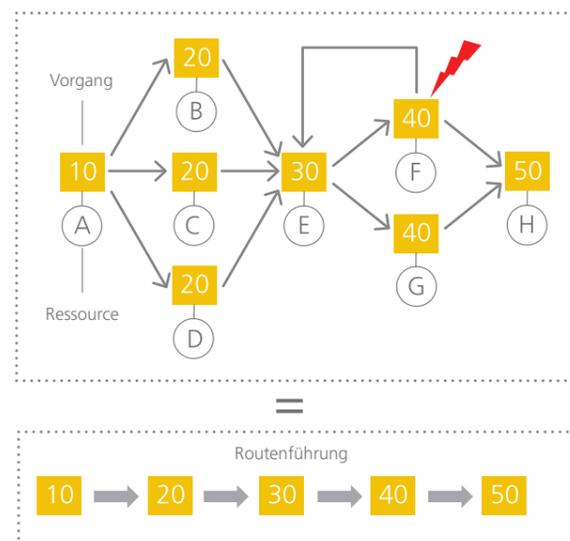
Zusammengefasst bietet eine algorithmisch optimierte Montage folgende Vorteile:

- Einsparung von Investitionen durch reduzierte Anzahl von Stationen und Montagewerkzeugen
- Verkürzung der Durchlaufzeiten bei Varianten mit niedriger Komplexität
- Reduzierung der Taktzeitstreuzung

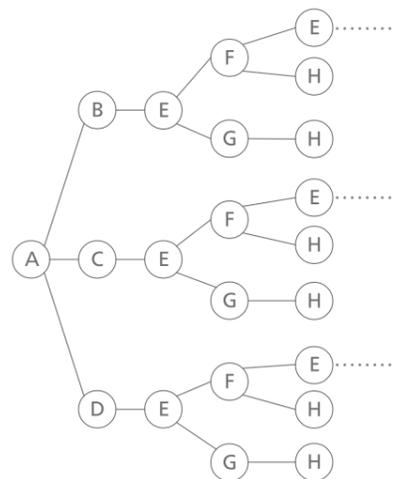
Audi hat die Vorteile einer modularen Montage vor einigen Jahren erkannt und im Werk Győr (Ungarn) mit der Elektromotorenmontage eine erste Lösung dieser neuen Montageumgebung realisiert. Dieses Projekt haben wir von MHP beratend begleitet sowie wichtige Systembestandteile integriert.



Jede Entscheidung erhöht die Komplexität

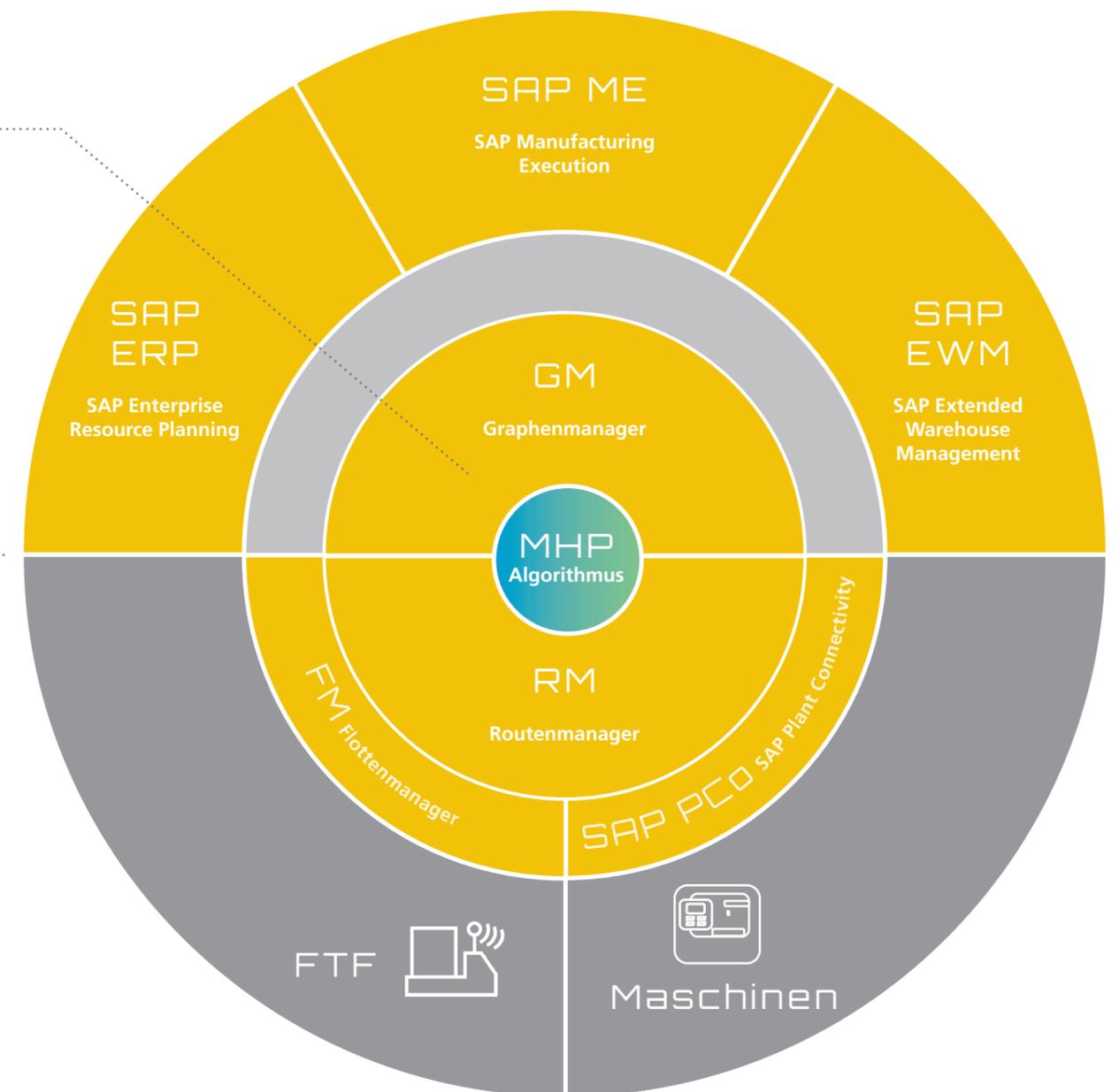


Shopfloor



“Wir wollen eine digitale Automarke werden. Führend in der digitalen Transformation. Mit rundum vernetzten Produkten aus einer rundum vernetzten Produktion, in der sich Werkzeuge und Maschinen intelligent selbst steuern.“ [15]

Prof. Dr.-Ing. Hubert Waltl,
ehemaliger Produktionsvorstand der Audi AG





Outbound - Lieferung

5.1 Standort-Tracking

Analog zum Inbound-Prozess wird es 2040 Veränderungen bei den Transportmitteln und Transportwegen geben. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass Waren zum Kunden auf dieselbe Weise wie Materialien vom Lieferanten zum Unternehmen transportiert werden. Ein beachtlicher Teil des Gesamtvolumens wird dann über unterirdische Infrastrukturen, autonome Transportfahrzeuge und Drohnen umgesetzt – insbesondere in Großstädten. [16] Signifikante Veränderungen werden sich aber mit Blick auf die letzte Meile ergeben. Im Verbund zwischen Outbound-Logistik aus dem Unternehmen und der zukünftigen City-Logistik etablieren sich neue Wege mit innovativen Logistikkonzepten.

5.2 Mega-City-Logistik-Hubs

2040 werden vermehrt sogenannte Mega-City-Logistik-Hubs an den Rändern der Ballungsräume bzw. Städte zu sehen sein. Ziel ist es hier, Warenlieferungen in Städte gezielt zu bündeln und mit umweltfreundlichen kleineren Transporteinheiten wie etwa elektrischen Lieferwagen und Lastenfahrrädern oder mit Drohnen an den Endkunden in der Stadt zu liefern. Dabei soll die Anlieferung an die Hubs im Jahr 2035 ebenfalls mittels unterirdischer Infrastruktur, umweltfreundlichen oberirdischen Transportmitteln und/oder über autonome Schiffsanlieferungen erfolgen.

Als Vorreiter gilt hier aktuell die Stadt Amsterdam. Sie legt mit der Planung eines Mega-Logistik-Hubs am Stadtrand den Grundstein für ein optimales Szenario. Im Amsterdamer Hafen soll bis Mitte 2021 ein 125.000 Quadratmeter großer Logistik-Hub für Warenlieferungen in zentrale Quartiere entstehen. Ziel ist es, durch den Hub den innerstädtischen Verkehr zu reduzieren und die Lieferungen so nachhaltig wie möglich zu gestalten. Die immer größer werdenden urbanen Warenströme können dadurch kontrollierter in der Stadt verteilt werden.



2040 werden vermehrt sogenannte Mega-City-Logistik-Hubs an den Rändern der Ballungsräume bzw. Städte zu sehen sein.



06

Zusammenfassung und Ausblick

Abschließend soll herausgestellt werden, dass die [I]IoT-Transformation zwar ein hochkomplexes Thema ist, sich durch sie jedoch bei einem integrativen Vorgehen enorme Potenziale auf tun.



6.1 Zusammenfassung

In diesem White Paper haben wir Ansätze und Ideen aufgezeigt, die sich bereits in den ersten Umsetzungsstufen befinden oder demnächst starten. Es ist klar erkennbar, dass durch neue Technologien wie autonome Fahrzeuge und Business-Trends wie steigende Online-Bestellungen mit zunehmenden Stückzahlen in der Paketlogistik große Veränderungen für die Logistikbranche zu erwarten sind. Entscheidend ist nun, dass sich Unternehmen erste Ziele für passende Entwicklungsmeilensteine setzen. Ansonsten besteht die Gefahr, überholt zu werden und den notwendigen Anschluss an die technologische Weiterentwicklung zu verpassen.

Mit unserem umfassenden Beratungsportfolio und tiefgreifenden Know-how sowie den vielfältigen Projekterfahrungen bieten wir von MHP eine passende Unterstützung für die Definition der (IT)-technischen Roadmap inklusive der Umsetzung aller aufgezeigten Themen. Dabei können wir unsere Kunden bei den aktuellen Herausforderungen bestmöglich unterstützen – sowohl mit unserer Beratung und IT-Integrationskompetenz zur Elektromobilität beim Einstieg in die Nutzung autonomer Logistikfahrzeuge als auch bei der Blockchain-Nutzung in der Supply-Chain oder der End-to-End-Traceability durch IoT und [I]IoT-Devices.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Die Logistik wird und muss sich bis zum Jahr 2040 weiterentwickeln – vor allem in Ballungsgebieten. Dabei gilt es, sich auf die Kernthemen der nächsten Jahre zu fokussieren. Für uns liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung und Integration digitaler Technologien, einer jeweils passenden Automatisierung sowie der stärkeren Nutzung von Logistikkonzepten, die auf mehr Effizienz und geringere Emissionen abzielen.

Dabei ist die Logistik 2040 auch ein wesentlicher Bestandteil in der Betrachtung intelligenter Fabriken. Speziell mit Blick auf End-to-End-Prozesse und Szenarien tragen logistische Innovationen direkt zur [I]IoT-Transformation bei, wodurch die Synergien nicht nur bereichsbezogen, sondern bereichsübergreifend generiert werden können. Eine Erhöhung des Automatisierungsgrads sowie der Effizienz und Qualität unterstreicht die Notwendigkeit der Ansätze.

6.2 Ausblick

Detaillierte Ereignisse der Entwicklung können an dieser Stelle nur angedeutet werden. Dementsprechend soll das vorliegende White Paper nicht als Vorlage, sondern vielmehr als Denkanstoß angesehen werden. In den letzten fünf bis zehn Jahren waren insbesondere einfache und häufig auch manuelle Tätigkeiten ein Kennzeichen der Logistik. An diesem Punkt werden die technologischen Entwicklungen der Zukunft ansetzen und neue Rahmenparameter vorgeben. Digital vernetzte und schnell reagierende Logistiksysteme werden auf Basis von Algorithmen und mithilfe neuester Technologien in vielen Bereichen der Industrieländer eine Hochleistungslogistik hervorbringen, die mit den heutigen Prozessen nicht viel mehr als den eigentlichen Transport der Ware gemeinsam haben.

Abschließend soll herausgestellt werden, dass die [I]IoT-Transformation zwar ein hochkomplexes Thema ist, sich durch sie jedoch bei einem integrativen Vorgehen enorme Potenziale auf tun. Da sich die Entwicklungszyklen von Software-Anwendungen und innovativen Technologien weiterhin beschleunigen werden, muss auch die Führung einer Organisation neu angegangen werden. Speziell das Verständnis für den technischen Wandel und sich verändernde Aufgaben und Rollen von Industriemitarbeitern gewinnt hierbei an Bedeutung.

Mit einem klaren Fokus auf diese Schlüsselthemen sowie mit neuen Technologien, daraus optimierten Prozessen und ganzheitlichen Systemarchitekturen gelangen wir schnell auf dem Weg hin zu tatsächlich ganzheitlich betrachteten, intelligenten Fabriken. Wir sind bereit dafür!



Weitere Informationen



Top 10 sales 2016 by customers

Customers	Turnover(USD)
Digital A	100,000.00
Backer	95,000.00
Hallower	80,000.00
FAY	67,000.00
Galt	50,000.00
Swimwear	40,000.00
Underwear	35,000.00
Office DD	20,000.00
Home app	15,000.00
Mobile bite	10,000.00

7.1 Autoren & Ansprechpartner

Autoren:

Florian Roth (Consultant | Digital Supply Chain Solutions)

Dr. Julian Popp (Manager | Digital Supply Chain Solutions)

Ansprechpartner:

Jens Fath

Associated Partner [I]IOT TRANSFORMATION

Jens.Fath@mhp.com

Thorsten Fux

Associated Partner Connected Logistics

Thorsten.Fux@mhp.com

7.2 Literaturverzeichnis

[1] <https://www.iop.rwth-aachen.de/go/id/hhkc>

[2] <https://www.iop.rwth-aachen.de/go/id/hhkc>

[3] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154829/umfragesendungsmenge-von-paket-und-kurierdiensten-in-deutschland/>

[4] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/205940/umfrage/prognose-zum-transportaufkommen-im-strassenverkehr-in-deutschland/>

[5] <https://sharepoint.mymhp.net/mi/blog/Lists/Posts/Post.aspx?List=1be87d6f%2D6325%2D4909%2D8ee8%2D6f60973b39da&ID=3&Web=dc5d7d22%2Dc028%2D4ee5%2Dadce%2D478d5bf3c273>

[6] https://www.rinspeed.eu/de/microSNAP_50_concept-car.html

[7] <https://www.innofrator.com/>

cargo-sous-terrain-will-guetertransport-unter-die-erde-verlegen/

[8] <https://www.wiwo.de/technologie/green/autonom-auf-dem-wasser-amsterdam-testet-selbstfahrende-boote/14882480.html>

[9] https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/autonome-boote-sollen-auf-der-spreer-erprobt-werden-2464477.html?utm_source=Newsletter&utm_medium=Newsletter-VR&utm_campaign=Newsletter-regular

[10] <https://www.mhp.com/de/innovation/innovation-blog/post/2019/08/28/pick-by-mhp/>

[11] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/972524/umfrageanzahl-der-drohnen-in-deutschland-nach-verwendungszweck/>

[12] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/972642/umfrage/bestand-an-privat-und-kommerziell-genutzten-drohnen-in-deutschland/>

[13] Grafik aus MHP DeepDive: Algorithmische Produktion auf Basis von FTF

[14] Grafik MHP Algorithmus

[15] <https://logistik-aktuell.com/2017/03/09/modulare-fertigung-bei-audi/>

[16] <http://www.logistikweisen.de/wAssets/docs/Logistikweisen-Ergebnisse-zum-Logistikjahr-2019.pdf2>

7.3 Credits

Fotocredits

Cover ©shutterstock – Chesky // Seite 2-3 ©shutterstock – Chesky //

Seite 4-5 ©shutterstock – Connect world // Seite 8 ©shutterstock

– ECLIPSE PRODUCTION // Seite 9 ©shutterstock – LALS STOCK //

Seite 18-19 ©Rinspeed microSNAP // Seite 28-29 ©shutterstock – Chesky //

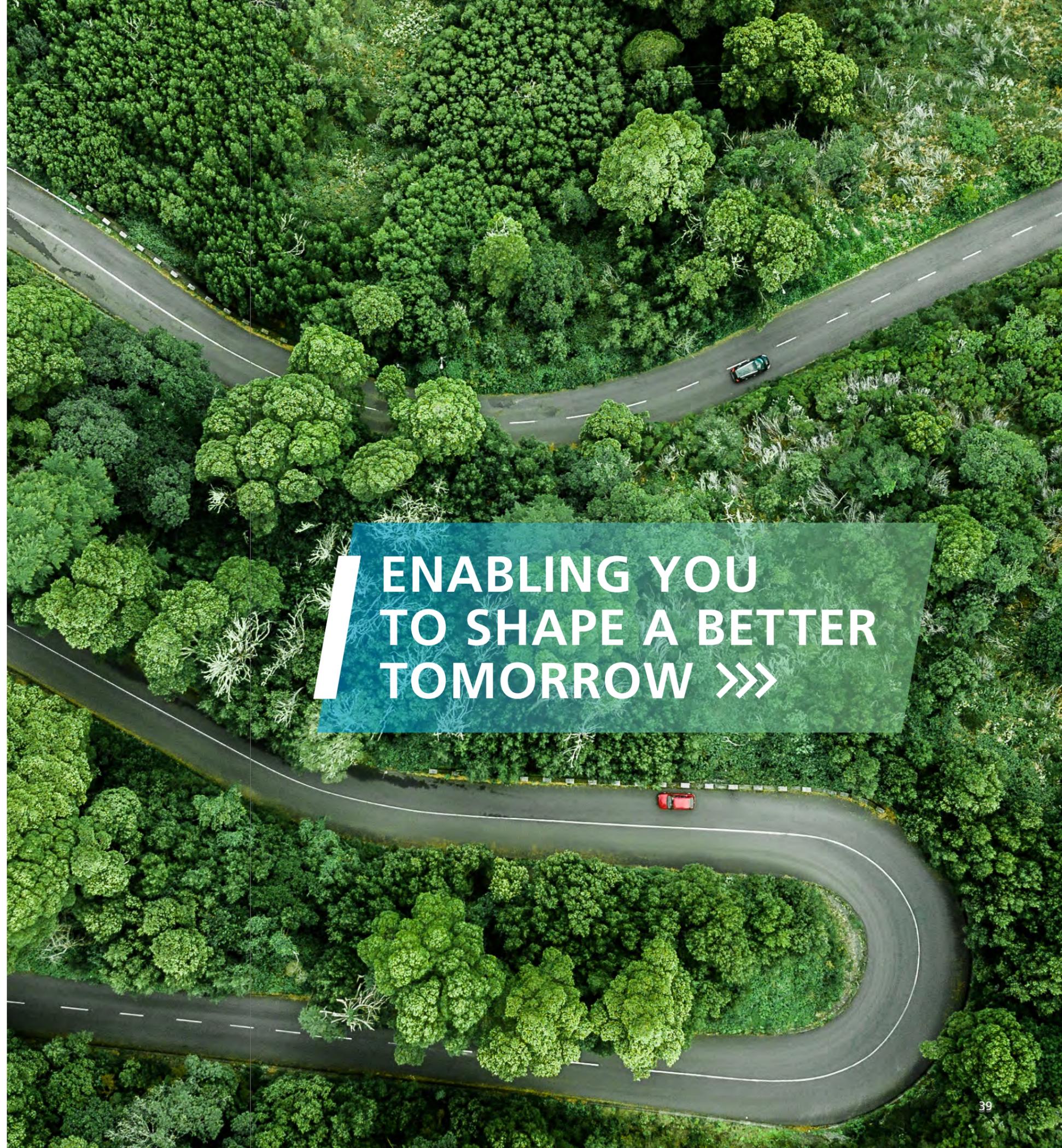
Seite 31 ©shutterstock – tostphoto // Seite 32-33 ©shutterstock – Connect world //

Seite 34 ©shutterstock – Chesky // Seite 36-37 ©shutterstock – Shark_749 //

Seite 39 ©gettyimages – cicerocastro

Layoutgestaltung

Freiland Design



**ENABLING YOU
TO SHAPE A BETTER
TOMORROW >>>**

MHP: DRIVEN BY EXCELLENCE

16 MHP Offices in Germany, United Kingdom, USA, China and Romania



Germany

Ludwigsburg
(Headquarters)
Berlin
Essen
Frankfurt a. M.
Ingolstadt
Munich
Nuremberg
Wolfsburg

International

Atlanta (USA)
Birmingham (United Kingdom)
Cluj-Napoca (Romania)
Timișoara (Romania)
Shanghai (China)
Tel Aviv (Israel)

www.mhp.com