



# ÜBERBLICK ROI DIALOG AUSGABE 56

## Seite 7

### Infografik: Von der Kette zum Netzwerk

Die klassische Lieferkette gehört zunehmend der Vergangenheit an. An ihre Stelle treten Logistik-Netzwerke, in denen die beteiligten Akteure über die Cloud zentral vernetzt sind, die Steuerung jedoch dezentral erfolgt.

## Seite 12

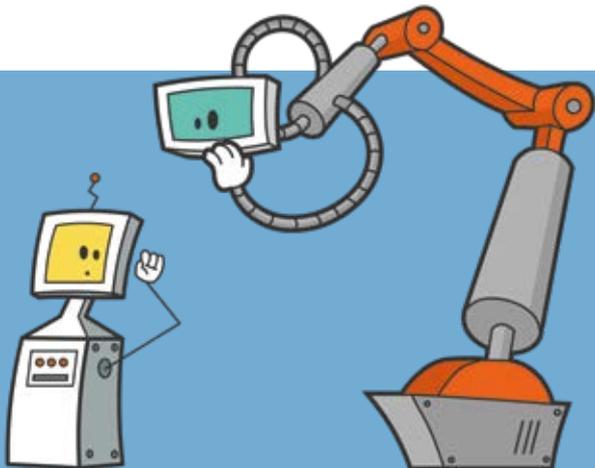
### STATION 2: Das menschenleere Lager

Im Warenhaus der Zukunft trifft man kaum noch Menschen an. An ihre Stelle treten intelligente Robotersysteme, die in der Lage sind, sich selbst zu organisieren und dezentrale Entscheidungen zu treffen.

## Seite 16

### STATION 2: Wie würden Roboter ein Lager planen?

Regale sind eine Erfindung des Menschen. Doch werden sie überhaupt noch gebraucht, wenn Lager in Zukunft nur noch von Robotern bedient werden? Nein, glaubt der norwegische Hersteller Hatteland.



## Seite 3

### Logistik 4.0 – Einblick ins Cockpit der Zukunft

Wie sehen Logistikprozesse aus, wenn die üblichen Schnittstellen im Wertschöpfungsprozess wegfallen, wenn die Grenzen zwischen Fabrik und Lager verschwimmen oder sich ganz auflösen? Willkommen in der Logistik 4.0!

## Seite 8

### STATION 1: Blue Collar Cyborgs

Der Mensch als Orchestrator in der Smart Factory muss sowohl den physischen Warenfluss als auch den Informationsfluss ständig vor Augen haben. Die sog. Blue Collar Cyborgs werden dabei von Human Machine Interfaces unterstützt.



## Seite 18

### STATION 3: Smart Transportation

Nicht erst seit möglichen Dieselfahrverboten ist Emissionsvermeidung eine zentrale Herausforderung der Logistik 4.0. Smarte Transportlösungen tragen dazu bei, den steigenden Warenumsatz ressourcenschonend zu meistern.

## Seite 22

### STATION 4: Bimodale Lieferketten

Superstars der Branche wie Amazon machen es vor: Neben Effizienzsteigerung und Kostensenkung geht es in der Logistik 4.0 auch um die Adaption neuer Technologien und neues Wachstum – die Beherrschung bimodaler Lieferketten.

»» Die Welt ist die Gesamtheit der Tatsachen, nicht der Dinge“, schrieb Ludwig Wittgenstein im Jahr 1918. Wem die hohe Luft abstrakter Logik zu dünn ist, kann ja einen Blick auf die Logistik im Jahr 2018 werfen. Er wird vielleicht ein paar deutsche SUVs sehen, die vor den Werkstoren auf Verschiffung warten. Ziemlich dicke und beeindruckende Dinge. Aber eben keine Tatsachen, die sich zur Welt aufsummieren lassen.

Von Hans-Georg Scheibe, Vorstand  
und Prof. Dr.-Ing. Werner Bick,  
Generalbevollmächtigter,  
ROI Management Consulting AG

# LOGISTIK 4.0

## EINBLICK INS COCKPIT DER ZUKUNFT

Spannend wird es, wenn es gar  
keine Fabriktoe mehr gibt.  
Oder keine Fabriken.  
Willkommen in der Logistik 4.0!

### Die Mauer muss weg

Die Tat hinter der Sache, die Wertschöpfung, findet eben nicht in München, Stuttgart, Wolfsburg oder Zuffenhausen statt. Sie beginnt irgendwo in den Erzminen Asiens, in den IT-Labs Kaliforniens oder den Kautschukplantagen und Ledermanufakturen Afrikas. Und sie hört natürlich auch nicht auf den Werksparkplätzen auf. Denn da geht es dann eigentlich erst richtig los mit der Wertschöpfung. Allerdings: dass Rohstoffe nicht im Innenhof abgebaut, sondern an die Fabriktoe geliefert werden, wird auch Wittgenstein schon gewusst haben. Spannend wird es, wenn

es gar keine Fabriktoe mehr gibt. Oder keine Fabriken. Willkommen in der Logistik 4.0!

Klassische Fabriken sind Prozessbrecher – Stein, Glas und Metall gewordene Schnittstellen. Smarte Fabriken sind Teil eines ganzheitlichen, horizontal und vertikal integrierten Wertschöpfungsprozesses, der sich gerade durch die Eliminierung von Schnittstellen auszeichnet – und damit von physischen und digitalen Grenzen. Welche Konsequenzen dieser Wandel hat, zeigt ein Blick in die Planungszentrale der Logistik 4.0.

## Der Zulieferer verschmilzt mit dem Kunden

Die Abwesenheit von Fabrikatoren bedeutet natürlich nicht, dass keine Lieferanten Waren bringen, sondern vor allem, dass die Rolle der Lieferanten sich fundamental verändert. Die Mauern der traditionellen Fabrik markieren auch die Grenzen von Eigentum und Verantwortung: Der Lieferant gibt seine Ware ab – und ist aus dem Spiel. In der smarten Fabrik werden diese Grenzen virtuell gezogen – falls überhaupt. Ein Beispiel dafür sind Supplier-Managed-Inventory-(SMI)-Konzepte, bei denen der Lieferant das Management seiner Bestände im Kundenlager übernimmt oder sogar Eigentümer der Waren bis zur Entnahme bleibt (Konsignationslager).

Diese teilweise seit vielen Jahren bekannten Methoden werden im Kontext von Logistik 4.0 wesentlich ausgebaut: So sind sogar Prozesse denkbar, bei denen die Zulieferer ganze Module in die Endprodukte verbauen, ohne dass der Kunde überhaupt aktiv in den Prozess involviert ist. Die Übertragung der Eigentumsrechte, Zahlungsvorgänge und sogar die Abwicklung von Steuern und Abgaben können dabei vollständig automatisiert und flexibel erfolgen – beispielsweise durch den Einsatz von Smart Contracts, einer der vielversprechendsten Anwendungen der Blockchain-Technologie.

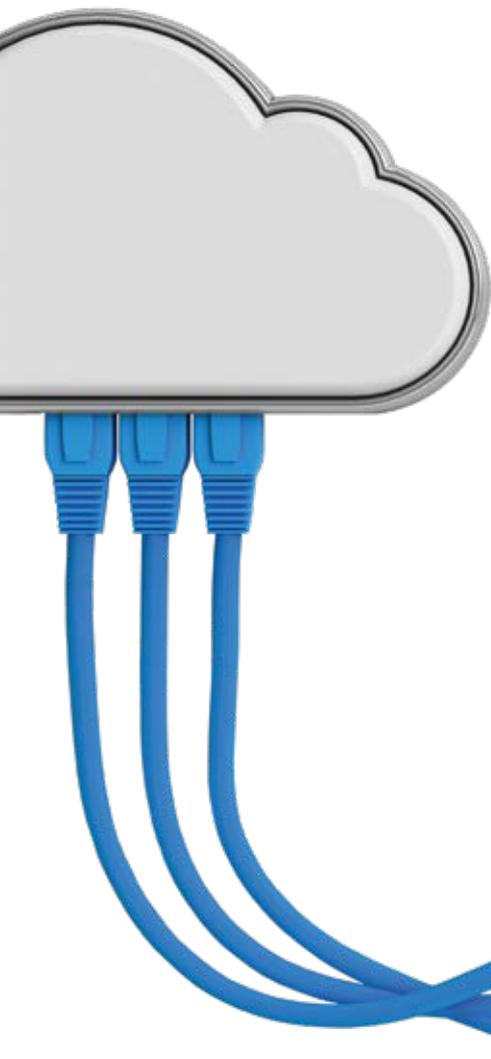
**Die Cloud bedeutet für die Logistik eine Zeitenwende. Sie ermöglicht eine wirkliche Zusammenarbeit aller Partner in der Supply Chain.**

**Eigentumsübertragung und Zahlungsvorgänge können vollständig automatisiert durch Smart Contracts erfolgen.**

## Logistik aus der Wolke

Die Voraussetzungen dafür schafft die entsprechende Gestaltung der Informationsflüsse innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks. Schon seit mehr als vierzig Jahren nutzt die Industrie den elektronischen Datenaustausch (EDI). Allerdings, bis vor wenigen Jahren hätten nur sehr kreative Geister von einem Informationsfluss gesprochen. Denn nicht nur teure IT-Lösungen, fehlende Standards und komplizierte Anbindungen wirkten als Showstopper, sondern auch die Tatsache, dass die Kommunikation aus lauter 1:1-Verbindungen bestand, mühsam und fehleranfällig aneinandergekettet.

Diese Situation ändert sich mit der zentralen Datenhaltung in radikaler Weise. Die Adaption der Cloud-Technologie bedeutet für die Logistik eine Zeitenwende. Erstmals können die Informationen einfach, sicher, günstig und in Echtzeit zusammengeführt und über gemeinsame Frontends bearbeitet werden. Die Cloud beendet den Systemwuchs und das mühselige Durchreichen der Daten von unten nach oben. Sie ermöglicht eine wirkliche Zusammenarbeit aller Partner in der Wertschöpfungskette.



**Logistik heißt Bewegung –  
Lager bedeutet Stillstand.**

## Management by Exception

Doch selbst dieser Wandel ist erst der Anfang. Wirft man den Blick nur wenige Jahre in die Zukunft, sieht man smarte Container, Fahrzeuge und Lager, die sich autonom über die Cloud koordinieren und steuern und die Cloud – genau wie die Mitarbeiter – als Informationsressource nutzen. Sie werden zu cyber-physischen Objekten, in denen sich die physikalische und die Datenwelt treffen. Menschliches Eingreifen und selbst die Information der Mitarbeiter ist in dieser Welt nur notwendig, wenn massive Planabweichungen und Probleme den Prozess gefährden. Das Steuerungsparadigma der Logistik 4.0 ist Management by Exception: Es werden täglich unvorstellbare Mengen von Kommunikationsvorgängen und Terrabytes von Daten generiert – aber wir werden davon nur Bruchteile mitbekommen. Und schließlich schafft die Cloud erst die Voraussetzungen dafür, dass disruptive Technologien, insbesondere die Blockchain, in die Logistik Einzug halten.

## Das Nicht-Lager

Das Pendant der Informationsprozesse in der Logistik bildet der physische Fluss. Logistik heißt Bewegung – Lager bedeutet Stillstand. Dass sich die beiden nicht vertragen, liegt auf der Hand. Inzwischen hat die Logistik das Lager stark zurückgedrängt. Mit Just-in-Sequence-Konzepten sorgt sie im Idealfall dafür, dass ihr Fluss ganz ohne Lager auskommt: Der direkte Verbau von Teilen macht Bestände unnötig. Der Teilebedarf und die Liefertaktung werden von der Produktion diktiert.

Sind Bestände jedoch nicht vermeidbar – etwa weil Produktions- und Verbaumengen sich unterscheiden und die sequenzielle Anlieferung zu teuer wäre –, soll das Lager sich wenigstens klein machen. Zum Beispiel durch Einsatz mobiler Lager bzw. Trailer, die Teile unmittelbar zu den nächsten Stationen fahren, damit die Anzahl der Schnittstellen minimiert wird. Eine andere Möglichkeit bietet beispielsweise das Autostore-Konzept, bei dem ein Lager physisch maximal verdichtet wird: Es gleicht einem hochstrukturierten Rubik's Cube, auf dessen Oberfläche Roboterfahrzeuge positioniert sind, die Waren entnehmen können.



## Von der Kette zum Netzwerk – Bestandteile der Logistik 4.0

### Ameisen gegen die Zentrale

Die Integration der Wertschöpfungsnetzwerke erfordert auch neue Steuerungsmechanismen. Denn das Fehlen von „Prozessbrechern“ und Puffern führt auch dazu, dass Risiken und Schocks sich durch die gesamte Kette fortpflanzen. Um hohe Stabilität und Flexibilität der Prozesse zu erreichen, setzt Logistik 4.0 deshalb auf die Dezentralisierung der Abläufe. Das macht schwere ERP-Systeme und zentrale Leitstellen weitgehend überflüssig: Maschinen und Transportsysteme kommunizieren zunehmend unabhängig miteinander und teilen Materialbedarfe frühzeitig mit. Sie bewerben sich um Aufträge beim automatischen Agentensystem, das nach einem vordefinierten Kriterienkatalog die Aufgaben verteilt. Perspektivisch wird selbst diese automatische „Taxizentrale“ nicht mehr gebraucht. Schwarmintelligente Systeme werden, ähnlich einer Ameisenkolonie, innerhalb des Schwarms entscheiden, wer den Auftrag am besten ausführen kann.

Vermutlich wird auch diese Revolution sich dadurch auszeichnen, dass sie nicht nur neue Lösungen, neue Formen der Wertschöpfung und Rationalisierung schafft. Der digitale Wandel in der Logistik wird auch neue Formen von Herausforderungen und Problemen mit sich bringen, deren Tragweite wir heute noch nicht einschätzen können. Diese werden wiederum nach Lösungen verlangen. Ich bin deshalb gespannt, wie lange es dauert, bis Sie einen ROI DIALOG zum Thema Logistik 5.0 von uns bekommen.

**Mächtige ERP-Systeme und zentrale Leitstellen sind in der Logistik 4.0 überflüssig.**



Bimodale Lieferketten

Reserve Logistics

Same Day Delivery

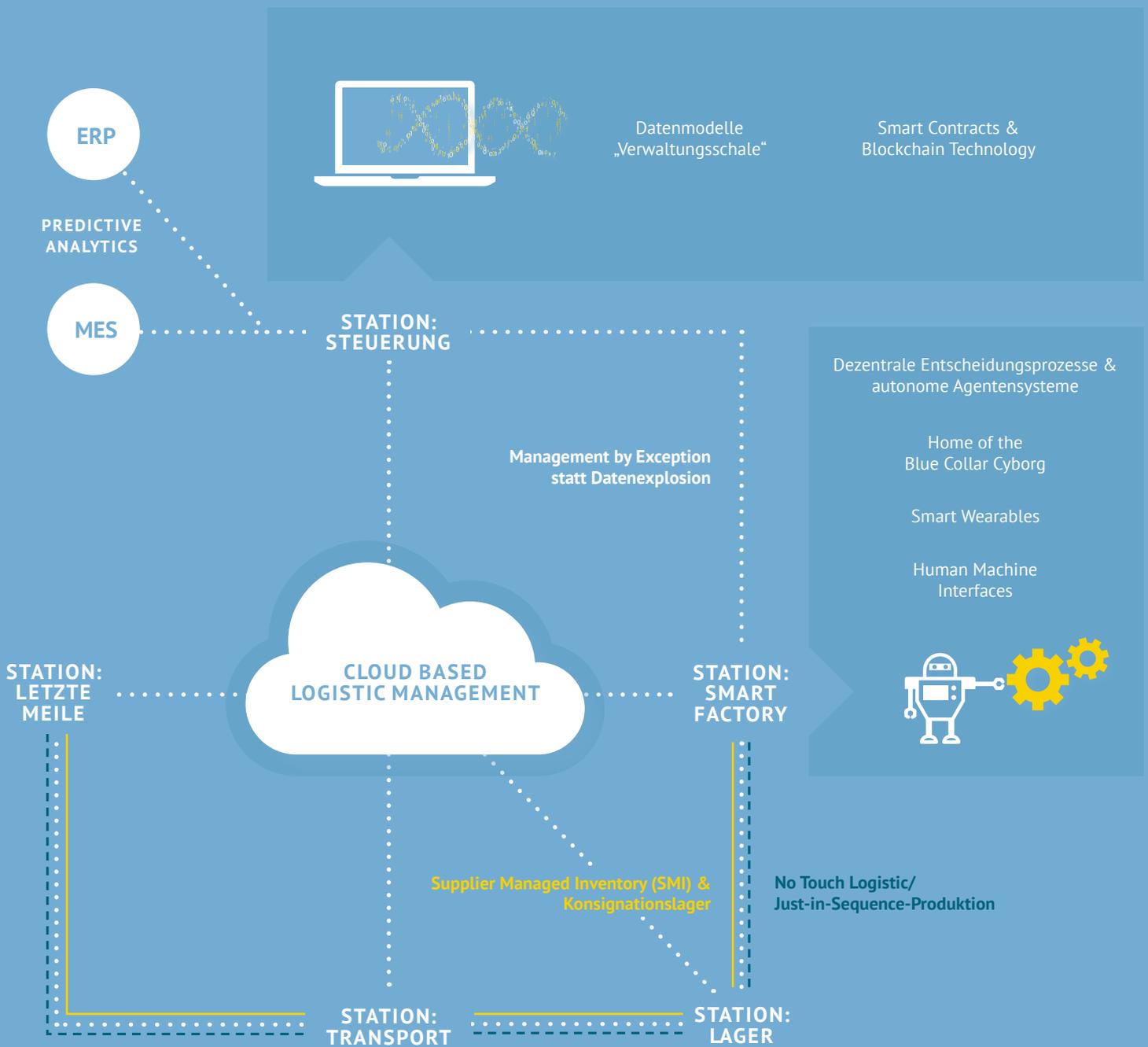
Home of the  
Logistic Superstars

#### LEGENDE

Informationsfluss    • • • • •

Eigentumsgrenzen    ———

Phys. Warenfluss    - - - - -





STATION 1

# BLUE COLLAR CYBORGS

Von Dr. Wolfgang Keplinger  
ROI Management Consulting AG

**In der Smart Factory muss ein Großteil der Informationen aus dem Tagesgeschäft in Echtzeit verfügbar sein. Mensch-Maschine-Schnittstellen (engl: Human Machine Interfaces, kurz HMIs) machen dies möglich. Die Wearables bzw. interaktiven Assistenzsysteme helfen z. B. bei der Kommissionierung, Montage, Fertigung, bei Service- und Wartungsaufgaben oder der Mitarbeiterqualifizierung. Wir stellen besonders nützliche HMIs vor, die Fertigung und Logistik schneller, flexibler und fehlerfreier machen.**



## Headsets

Kopfhörer mit Mikrofon sind das heute wohl bekannteste und in der Logistik am weitesten verbreitete interaktive Assistenzsystem. Ihre Hauptanwendung ist Pick-by-Voice, bei der der Kommissionierer mittels akustischer Ansagen zum nächsten zu greifenden Artikel geführt wird und mittels Sprachbefehl die Ausführung bestätigt.

## Smart Glasses

Die Datenbrille projiziert zusätzliche Informationen über ein transparentes Display oder eine Laserprojektion in das Sichtfeld. Die Brille zeigt etwa dem Kommissionierer den Weg zum nächsten Artikel, wie viele Stück er davon ergreifen soll und bestätigt die Durchführung der Aufgabe durch Scannen des Artikel-Barcodes. Einige Firmen arbeiten bereits daran, die Funktionalitäten von Smart Glasses auf Kontaktlinsen zu übertragen, sog. Smart Contact Lenses. Nach aktuellen Prognosen sollen diese im Zeitraum 2018/2019 am Markt zugelassen und erhältlich sein.

## RFID-Armbänder und Sensor-Armbänder

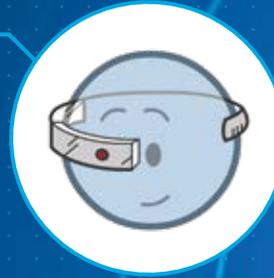
Ein RFID-Transponder wird in ein Armband integriert, womit der Anwender eindeutig identifiziert ist. Somit lassen sich Maschinen auf die Körpergröße des Anwenders automatisch einstellen oder die angezeigten nächsten Arbeitsschritte auf das Qualifikationsniveau des Mitarbeiters anpassen. Damit kann auch die Erlaubnis verbunden sein, eine bestimmte Anlage in Betrieb zu nehmen oder eine bestimmte Reparatur durchführen zu dürfen. Die Ausführung kritischer Arbeitsschritte ist dokumentierbar; ebenso, wer ein bestimmtes Produkt montiert, geprüft oder freigegeben hat.

## RFID- und Datenhandschuhe

Ein RFID-Handschuh verfügt über ein RFID-Lesegerät zum Auslesen von Daten aus RFID-Transpondern. Damit sind die Hände des Anwenders frei und ein Umbuchen der kommissionierten Ware erfolgt mehr oder weniger selbsttätig. Ob aus dem Regal auf den Kommissionierwagen, von diesem auf das Versandpaket oder die Versandpalette: Ein Scanschritt ist nicht länger notwendig. Der Datenhandschuh dagegen ist ein 3D-Eingabegerät, das im Zusammenhang mit Virtual Reality die flexible und einfache Erfassung von bestimmten Arm- oder Fingerposition oder die Bestimmung von Position und Lage des Handschuhs relativ zur Umgebung ermöglicht. Damit werden VR-Anwendungen möglich oder Roboter gesteuert.

## Magic Shoes

In Schuhe eingearbeitete Microchips messen und übertragen Daten. Damit kann der Anwender z. B. Maschinen durch Gesten mit den Füßen steuern, aber auch umgekehrt (Warn-)Signale durch eine Vibration des Chips empfangen.





### NFC-Ringe

In einem Ring befindet sich ein Transponder, der über NFC (Near-field Communication) mit der Umgebung über kurze Übertragungsdistanzen kommuniziert. Damit werden Anlagen oder Smartphones entsperrt, Türen oder Zugangskontrollen geöffnet oder Kommissionierfehler verhindert.



### Datenuhren und Unterarmcomputer

Datenuhren sind Mini-Computer für das Handgelenk, die meist mit einem mobilen Gerät gekoppelt sind. Sie sammeln Informationen vom Träger (z. B. die zurückgelegte Wegstrecke) oder zeigen ihm Arbeitsaufträge an. Ergänzend dazu projizieren Projektorarmbänder Bildsignale eines Handhelds direkt auf den Unterarm des Anwenders. Die Bedienung des Monitors erfolgt dann direkt auf der Haut.



### Motion Capturing Clothes

In die Gewebefasern eingearbeitete Sensoren messen Bewegungen des Trägers und generieren Daten zum Träger. Ziele dieser HMI-Gruppe sind u. a. eine bessere Gesundheit der Arbeitnehmer, was wiederum zu einer längeren Erhaltung der Arbeitskraft und einem Rückgang von haltungs- oder unfallbedingten Arbeitsausfällen führen soll.



### Exoskeletons

Neben Anwendungen im Kranken- und Rehabilitationsbereich gibt es immer mehr Unternehmen, die Exoskelle zur Unterstützung von Arbeitskräften bei schweren Hebe- oder Handhabungsarbeiten anbieten. Die Firma Panasonic hat z. B. einen Assist Suit entwickelt, der Logistikmitarbeiter bei den vielen täglichen Hebeprozessen von Paketen unterstützt und so speziell den unteren Rückenbereich entlastet.



Die heute zukunftsweisenden HMIs sind beeindruckend. Dennoch sind sie lediglich Zwischenschritte auf dem Weg in eine wirklich smarte Welt, die von „Ambient Computing“ bestimmt wird, einer allgegenwärtigen, aber nicht physisch wahrnehmbaren Intelligenz:

**„Compared to what’s coming, they are like the Commodore PET or those huge car phones in old movies ... We are a long way from the invisible, omnipresent computer in Starship Enterprise.“** Walt Mossberg

STATION 2

# DAS MENSCHENLEERE LAGER

Von Dr. Wolfgang Keplinger  
ROI Management Consulting AG

Lager und Distributionszentren der Zukunft sind leistungsfähiger, schneller, zuverlässiger, smarter – und vor allem: menschenleer. Denn Roboter sind mittlerweile so günstig und energieeffizient, dass sie den Menschen dort fast vollständig verdrängt haben. Mehr noch: Sie verändern die Art und Weise, wie dort gearbeitet wird. Nicht mehr die Anzahl an Arbeitsschritten ist ausschlaggebend für die Effizienz eines Prozesses, sondern die Betriebskosten des einzelnen Roboters. Die schier unbegrenzte Verfügbarkeit von robotergestützter Arbeit wird somit zum Hebel für riesige Effizienzgewinne und verändert das Aussehen der Lager für immer:



## Dynamische Lokalisierung

Das Warehouse 4.0 wird dynamisch, d. h. in Echtzeit wissen, wo sich welche Materialien/Artikel gerade befinden – ob gerade im Zulauf oder schon auf dem Weg zum Kunden. Der Einsatz von RFID und von Beacons erlaubt dann den Einsatz von Smart Boxes, Smart Bins und Smart Racks, mit denen sich jedes Material jederzeit lokalisieren lässt. Werden die Produkte selber immer smarter, benötigen wir nicht einmal mehr die Unterstützung durch die „Logistik-RFIDs“, denn die Lesegeräte im Lager kommunizieren dann direkt mit den smarten Produkten. Durch die Weiterentwicklung der bekannten Lokalisierungstechnologien (wie z. B. DGPS oder UWB) werden zukünftig Methoden wie Geofencing auch innerhalb des Lagers angewendet werden.



**Die schier unbegrenzte  
Verfügbarkeit von  
robotergestützter Arbeit  
wird somit zum Hebel für  
riesige Effizienzgewinne  
und verändert das  
Aussehen der Lager  
für immer.**

## Automatisierung durch Cobots und Picking Robots

Die Lager-Automatisierung in Richtung effizienter Ware-zum-Mann-Systeme ist in den letzten Jahren durch die Entwicklung der Shuttles deutlich vorangeschritten. Ihr Vorteil: Sie sind skalierbar, sie erlauben im Vollausbau mit einem Shuttle pro Ebene und Gang höhere Ein-/Auslagerleistungen als ein Regalbediengerät (RBG) und sie sind relativ unempfindlich, wenn einmal ein Shuttle ausfällt. Da die bewegten Massen deutlich unter denen von RBG liegen, ist die Energiebilanz eines Shuttle-Systems besser als diejenige eines RBG, ein wichtiges Argument in Richtung einer grünen Logistik.

## Automatically Moved Racks

Eine effiziente Nest-Kommissionierung schafft Amazon mit den vollautomatischen Robotern, die ein ganzes Fachbodenregal selbstgesteuert zum Kommissionierplatz bringen, indem sie unter das Regal fahren und es anheben. Die Vorteile für Amazon: Entfall der Wegezeit – damit erreicht das Unternehmen eine Effizienzsteigerung von 50 bis 70 %. Weitere Vorteile sind die Erhöhung der Lagerdichte (pro Flächeneinheit gelagerte Artikel), die Skalierbarkeit des Systems, die Unempfindlichkeit bei Ausfällen eines Roboters und der niedrige Energieverbrauch. Neben dem von Amazon erworbenen Roboterhersteller Kiva bietet auch Swisslog mit seinem Carry Picker dieses hocheffiziente System für E-Commerce-Anbieter oder Versandhändler an.

# Kurze Marktzyklen und volatile Bedarfe zwingen Konzerne und Logistikdienstleister, ihre Lager-Hardware in Zukunft standardisiert, skalierbarer und flexibel zu gestalten.

## Zellulare/schwarmbasierte Shuttles

Die Transporte innerhalb des Lagers, vom Lager zum Versandbereich oder vom Lager in die Produktion bzw. wieder retour übernehmen immer mehr AGV/FTS (Automated Guided Vehicles/Fahrerlose Transportsysteme). Die Fahrzeuge wurden in den letzten Jahren kleiner, zuverlässiger und selbstständiger in ihrer Steuerung, zudem kostengünstiger und sicherer – und vor allem unabhängig von fest verlegten Routenführungsmitteln wie Kabeln, Leitungen oder Markierungen. Die Fahrzeuge steuern sich selbst immer zuverlässiger mittels Laser-Scannung und Ausrichtung an fest installierten Orientierungsmarken oder mittels kamerabasierter Umgebungs-/Konturerkennung.

Während heute noch Handlings- oder Übergabeprozesse zwischen den Lager-Shuttles und den AGV zum Weitertransport notwendig sind, könnten die Shuttles zukünftig auch in den Regal-Vorbereich fahren und das gewünschte Material direkt an den Kommissionierplatz oder in die Produktion bringen. Damit entfällt wieder ein „Touch“ mehr aus der Intralogistikkette und wir kommen einem „No-/Few-Touch“-Lager wieder einen Schritt näher. Erste Versuche für ein schwarmbasiertes Shuttle-System, das aus dem Regal heraus direkt an Kommissionierplätze oder in die Produktion fährt, gab es bereits vor einigen Jahren vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik und der Firma Dematic, die technologischen Unterschiede zwischen dem Regalbetrieb und dem selbstfahrenden Bodenbetrieb machten aber diese Lösung noch nicht wirtschaftlich.

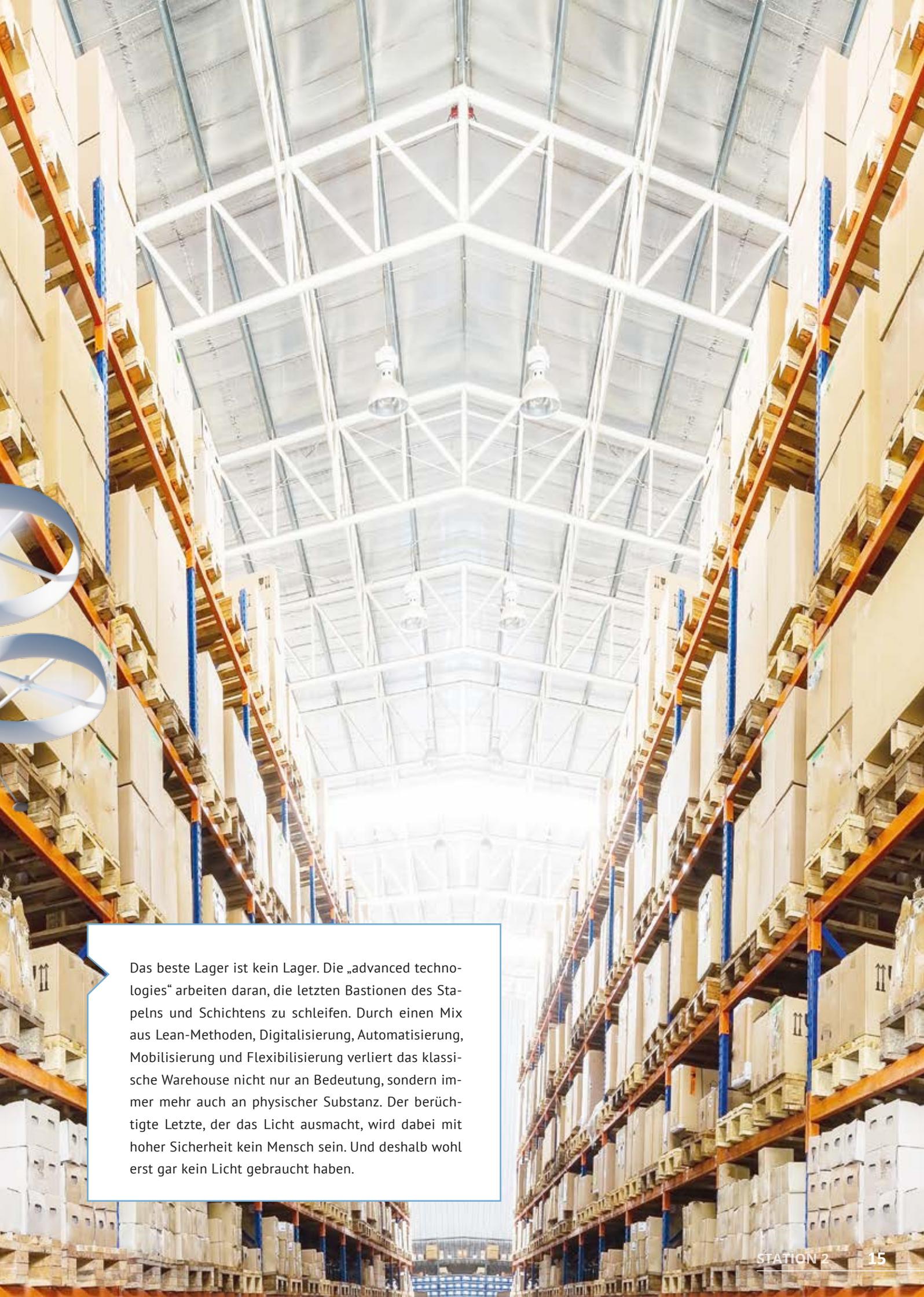
## Drohnen im Lager

Drohnen, die im Lager die Inventur durchführen, überraschen heute niemanden mehr. Doch wo heute Drohnen das Lager abfliegen und mit einem RFID-Lesegerät die RFID-Transponder der gelagerten Produkte aktivieren, werden künftig keine brummenden Propeller zu hören sein. Die dynamische Lokalisierung wird diese Einsätze überflüssig machen. Als Transportmittel haben Drohnen jedoch eine große Zukunft: Im Warehouse 4.0 werden sie innerhalb eines Gebäudes oder auch auf offenen Kurzstrecken für einen schnellen und direkten Ausnahme-Express-Transport sorgen. Da könnte eine Drohne dann das dringend benötigte letzte Glied einer Logistikkette liefern, um etwa eine umfangreiche Kundenlieferung zu vervollständigen oder eine Produktion starten zu können. Vorstellbar ist auch der Einsatz von Drohnen in einem räumlich klar beschränkten und umrissenen Lagerbereich, um z.B. Sortieraufgaben (von einem Band in KLTs oder auf Paletten) durchzuführen.

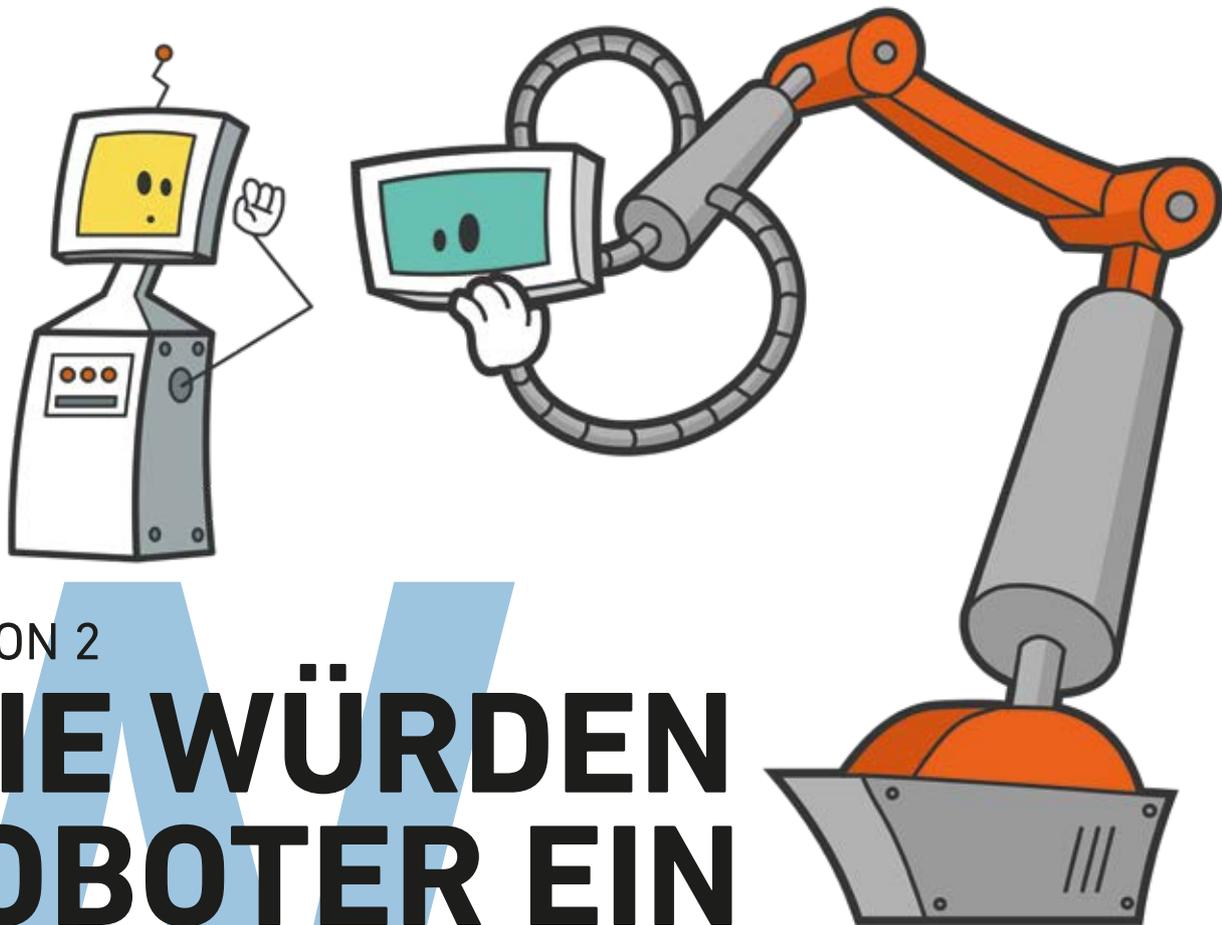


## Hubs2Move & Virtualisierung der Lager

Kurze Marktzyklen und volatile Bedarfe zwingen Konzerne und Logistikdienstleister, ihre Lager-Hardware in Zukunft standardisiert, skalierbarer und flexibel zu gestalten. Nur so lassen sich die Lager agil dem sich verändernden Kundenbedarf anpassen. Die weiteren Schritte in dieser Richtung werden dann sein, dass die Lager portabler (Transfer von Standort A nach Standort B) und virtueller werden. In diesem Fall könnte der physische Transport von Produkten zu wesentlichen Teilen durch einen „Transport von Information“ über das Internet ersetzt werden. Die finalen Produkte erstellt der Kunde dann selber mittels Additive Manufacturing/3D-Druck am Ort des Bedarfs.



Das beste Lager ist kein Lager. Die „advanced technologies“ arbeiten daran, die letzten Bastionen des Stapelns und Schichtens zu schleifen. Durch einen Mix aus Lean-Methoden, Digitalisierung, Automatisierung, Mobilisierung und Flexibilisierung verliert das klassische Warehouse nicht nur an Bedeutung, sondern immer mehr auch an physischer Substanz. Der berüchtigte Letzte, der das Licht ausmacht, wird dabei mit hoher Sicherheit kein Mensch sein. Und deshalb wohl erst gar kein Licht gebraucht haben.



STATION 2

# WIE WÜRDEN ROBOTER EIN LAGER PLANEN?

Von Dr. Wolfgang Keplinger  
ROI Management Consulting AG

**O**bwohl bereits heute in vielen Kleinteile-Lagern nur noch Roboter arbeiten, sieht man ihnen an, dass sie für den Menschen konzipiert wurden. Da gibt es lange Regalreihen, die so angeordnet sind, dass Arbeiter bequem zwischen ihnen hindurchfahren können und man auf jeden der darin gelagerten Behälter möglichst einfach zugreifen kann. Und auch wenn diese Aufgabe heute in den meisten Fällen von automatischen Regalbediengeräten (RBG) oder autonomen Shuttles übernommen wird – am Grundprinzip des Regallagers mit seinen offenen Frontflächen, seinen Verkehrsflächen und Zwischenräumen hat sich im Laufe der Zeit kaum etwas geändert. Doch wie würde ein Lager aussehen, das nicht den klassischen Mustern menschlicher Bedienlogik folgt, sondern einzig und allein für die automatisierte Bedienung durch Roboter optimiert wäre?

## Das Lager neu gedacht

Eine Antwort auf dieses Gedankenexperiment liefert das AutoStore-System zur automatischen Lagerung und Kommissionierung von Kleinteilen des norwegischen Herstellers Hatteland. Ausgehend von der Prämisse, Behälter so platzsparend wie möglich im verfügbaren Raum anzuordnen, bricht das System radikal mit den Gestaltungsprinzipien der klassischen Lagerhaltung: Statt in Regalen werden die Behälter direkt über- und nebeneinander gestapelt. Oberhalb dieser Stapel ist ein Fahr schienensystem montiert, auf dem autonome, batteriebetriebene Fahrzeuge fahren, die die Behälter einzeln aufnehmen, umsortieren und zu den direkt angekoppelten Ports für Wareneingang und Kommissionierung transportieren. Dadurch entfallen die üblichen Verkehrswege und reduzieren sich die Abstände zwischen den einzelnen Behältern.

## Selbstoptimierende Prozesse

Dieser Raumgewinn hat seinen Preis: Anders als in klassischen Regallagern können weiter unten gelagerte KLT-Behälter im AutoStore nicht direkt angesteuert werden, sondern müssen vor der eigentlichen Kommissionierung zunächst „ausgegraben“ werden. Hierbei arbeiten mehrere Transportfahrzeuge selbstständig zusammen. Durch selbstoptimierende Prozesse sinken dabei Behälter mit weniger häufig benötigten Artikeln permanent weiter nach unten ab, während Artikel mit häufigen Zugriffen oben bleiben und somit schneller verfügbar sind. Mit Vorlauf im Auftragspuffer wird innerhalb des Stapels rechtzeitig umgeschichtet, sodass die Ports permanent versorgt werden.

Das Ergebnis ist ein System zur automatischen Lagerung und Kommissionierung von Kleinteilen, das gleich in mehrererlei Hinsicht auf radikale Effizienzsteigerung ausgelegt ist:

### Platz:

Durch die extreme Verdichtung der Lagerfläche lässt sich mit dem AutoStore-System ein Raumgewinn von bis zu 400 % realisieren. Der modulare Aufbau und die flexible Anordnung im Raum erleichtern zudem die Integration in bestehende Gebäudestrukturen und sorgen dadurch für eine hohe Skalierbarkeit bei wechselnden Kapazitäten.

### Geschwindigkeit:

Die kompakte Anordnung der KLT-Behälter verkürzt die Wege für die Transportroboter und ermöglicht eine hohe Ein-/Auslagerleistung. Mit einer Beschleunigung von 0,8 Metern/Quadratsekunde und einer Geschwindigkeit von 3,1 Metern/Sekunde erreicht ein Roboter ca. 25 Ein-/Auslagerungen pro Stunde. Durch die Anbindung weiterer Fahrzeuge und Ports im laufenden Betrieb lässt sich die Gesamtleistung des Systems beliebig steigern.

### Energie:

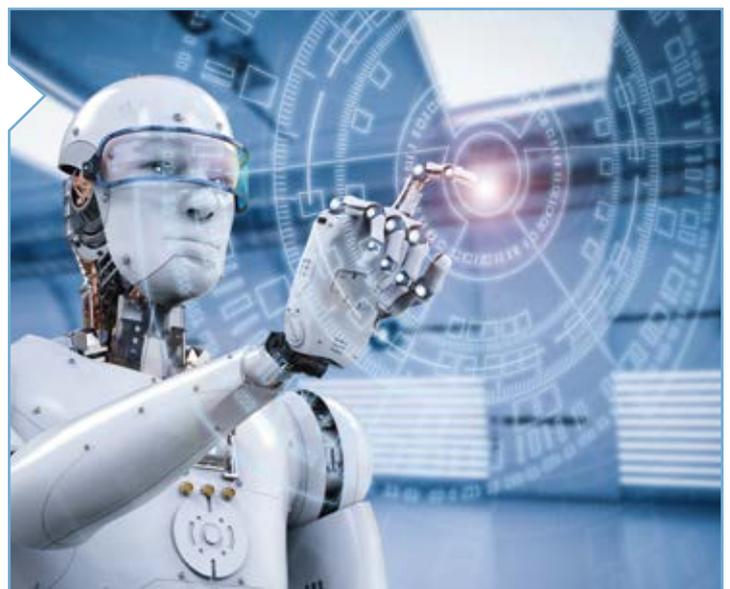
Die Fahrzeuge werden vollelektrisch betrieben und verfügen über ein Modul zur Energierückgewinnung beim Absenken der Behälter in einen freigewordenen Lagerplatz. Ihr Energieverbrauch liegt dadurch bei lediglich 0,1 Kilowattstunden. Sind die Fahrzeuge gerade nicht im Einsatz, fahren sie selbstständig zu den am Rand des Grids befindlichen Ladestationen. Der Energieverbrauch lässt sich zusätzlich skalieren, indem in Phasen mit einem geringeren Warendurchsatz weniger Fahrzeuge parallel eingesetzt werden.

### Ausfallsicherheit:

Durch den parallelen Einsatz von mehreren Fahrzeugen pro Modul reduziert sich das Ausfallrisiko des Gesamtsystems auf ein Minimum. Fällt ein Roboter aus, übernimmt ein anderer dessen Aufgabe. Dadurch erreicht AutoStore eine Verfügbarkeit von bis zu 99,6 %.

## Radikale Effizienzsteigerung

Das AutoStore-System ist damit nicht nur ein weiterer Evolutionsschritt in der automatischen Kleinteile-Logistik, wie etwa der Einsatz von Regalbediengeräten oder autonomen Shuttles zuvor. Vielmehr handelt es sich bei dieser Technologie um einen Paradigmenwechsel, bei dem die Grundprinzipien der Lagertechnik neu gedacht wurden. Diese radikale Effizienzsteigerung wird zum einen möglich, weil Roboter nicht nur immer günstiger, sondern auch immer energieeffizienter werden. Zum anderen, weil hier die Art, wie ein Lager auszusehen hat und zu bedienen ist, erstmals konsequent auf den Einsatz von Robotern anstatt von Menschen ausgelegt wurde.





## STATION 3

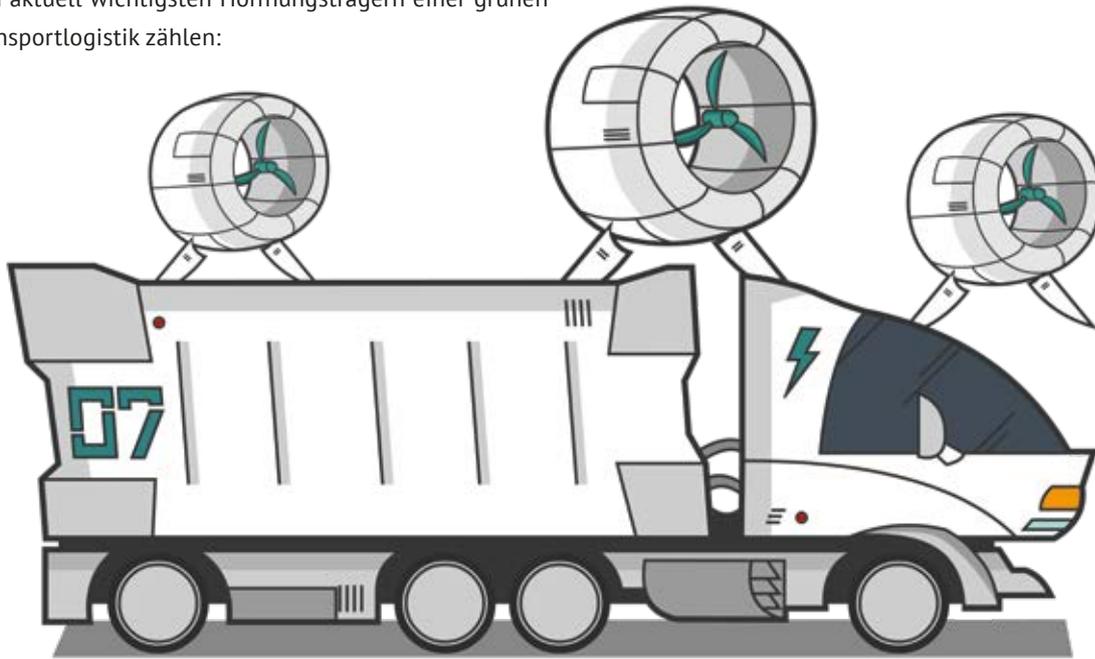
# SMART TRANSPORTATION

Von Dr. Wolfgang Keplinger  
ROI Management Consulting AG

**M**it der kontinuierlichen Verbesserung der Dieselmotortechnologie als der weltweit wichtigsten Antriebstechnologie für Lkw sanken zwar die Emissionen pro gefahrenem Kilometer in den letzten Jahren deutlich – aber eine nicht praxisrelevante Festlegung der gesetzlichen Abgastests ließ Lücken für Manipulationen oder geschickte Gesetzesauslegung durch die Hersteller. Außerdem konnten die erzielten Verbesserungen nicht den Effekt des ständig wachsenden Verkehrs ausgleichen, trotz der heute im Speditionsbereich fast flächendeckend eingesetzten Routenoptimierungsprogramme.

## Eines der größten Transportprobleme auf dem Weg zum reduzierten CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind die ungenutzten, aber bewegten Frachträume.

Mit ihrem Austritt aus dem Pariser Klimaabkommen haben die USA den Weg zu einer grünen Transportlogistik verlassen und dadurch eine rückwärtsgewandte Entwicklung zum Verbrauch fossiler Brennstoffe auch in anderen Nationen gestärkt. Aber nur wenn die Staatsregierungen die im Abkommen festgelegten Umweltziele ernst nehmen und der gesetzliche Spielrahmen für Transporte und die Logistik deutlich verengt wird, ist der nächste Schub in Richtung einer wirklich grünen Transportlogistik zu erwarten. Positiv ist allerdings, dass die dafür notwendigen Technologien bzw. Lösungen bereits vorhanden sind oder es in naher Zukunft sein werden. Zu den aktuell wichtigsten Hoffnungsträgern einer grünen Transportlogistik zählen:



### E-Transporter im urbanen Raum

Vorreiter im Bereich der kleinen Lkw bzw. Transporter ist in Deutschland DHL mit dem vollelektrischen Street-Scooter. Entstanden im Jahr 2010 aus einer Forschungsinitiative der RWTH Aachen, fertigen seit 2014 ca. 100 Mitarbeiter des mittlerweile zu DHL gehörenden Unternehmens dieses städtische Lieferfahrzeug. 2016 wurde das 1.000ste Fahrzeug produziert, nun sollen jährlich 10.000 die Fertigungsstraße verlassen – u. a. mit dem Ziel, den Gesamtbestand von ca. 70.000 DHL-Auslieferungsfahrzeugen zu elektrifizieren. Zudem gibt es bereits externe Interessenten für den StreetScooter, wie Stadtverwaltungen, Händler oder Handwerker.

Daimler hat mit dem Fuso Canter E-Cell seit 2014 einen leichten vollelektrischen Lkw im Alltagsinsatz, der als Fuso eCanter im Jahr 2017 in Kleinserienproduktion gegangen ist. Zudem präsentierte Mercedes-Benz den ersten vollelektrischen Lkw für den städtischen schweren

Verteilerverkehr bis 26 Tonnen und mit einer Reichweite von bis zu 200 Kilometern. Dieser Lkw geht noch im laufenden Jahr in den Alltags-Testbetrieb, die Produktion könnte 2019/2020 starten. Auch MAN testet seit Ende 2017 ein E-Truck-Konzeptfahrzeug für den Alltag im mittleren und schweren städtischen Verteilerverkehr.

Die Vorteile dieser E-Lkw liegen auf der Hand: Sie erfüllen die bald schärfer werdenden städtischen Anforderungen an emissionsfreies Fahren und ermöglichen nächtliche Zustellungen im urbanen Raum. Mit der steigenden Kapazität der neuen Batteriegenerationen sowie ihrem kontinuierlichen Gefälle bei den Herstellungskosten könnten die Kosten für die Fahrzeuge bald mit denen der heutigen Diesels-Technologie vergleichbar sein. Natürlich sollte dann noch im besten Fall ihr Antriebsstrom aus emissionsfreier Windkraft bzw. Sonnenenergie/Fotovoltaik stammen.

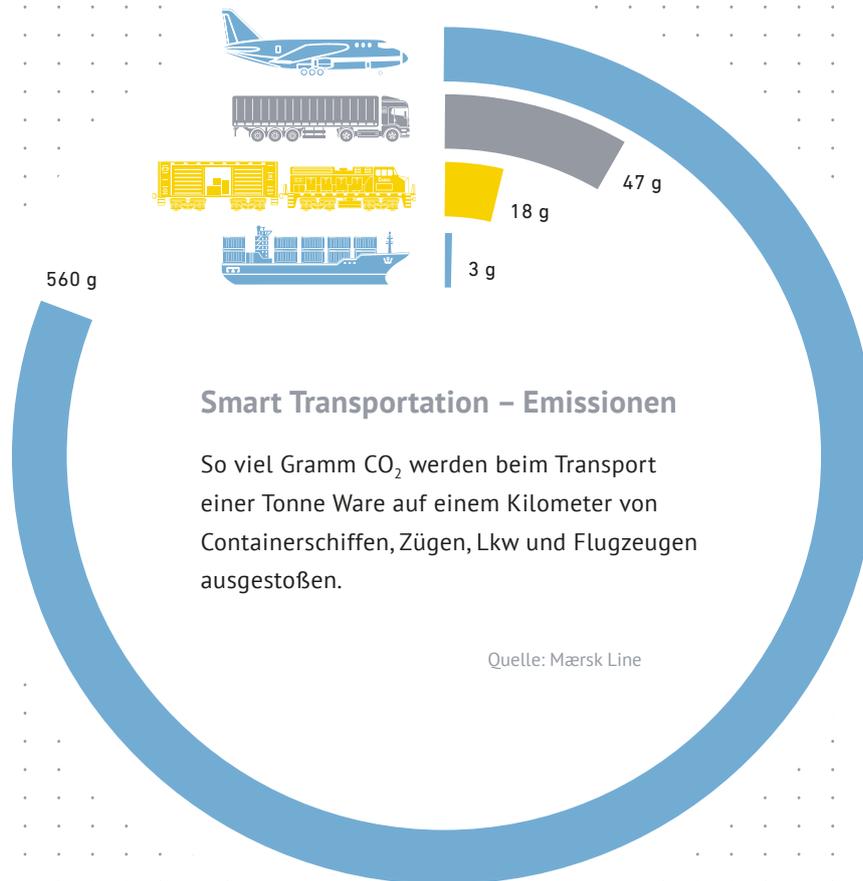
## Platooning: sensorbasierte Steuerung von Lkw-Kolonnen

Auch wenn im Langstreckenverkehr und im Bereich der schweren Lkw von 26 bis 40 Tonnen der Technologiesprung zum reinen Batteriebetrieb noch nicht möglich ist, gibt es hier dennoch interessante technologische Neuerungen, insbesondere bei der elektronischen, WLAN-sensorbasierten Steuerung von Lkw-Kolonnen. Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) wies in einer Studie nach, dass eng hintereinanderfahrende Lkw aufgrund des geringeren Luftwiderstands bis zu 20 % weniger Diesel verbrauchen und nur ca. die Hälfte der Autobahnfläche als im Normalbetrieb. Durch die kurze Reaktionszeit der Steuerung lassen sich notwendige Bremsvorgänge in nur 0,1 Sekunden auslösen, was extrem kurze Fahrzeugabstände von nur 10 bis 15 Metern (weniger als die Länge eines Lkw mit Trailer) ermöglicht. Volvo und Daimler haben ihre ersten Platooning-Versuche 2016 und 2017 durchgeführt. DB Schenker und MAN wollen noch 2018 einen größeren Platooning-Praxistest im vernetzten Lkw-Kolonnenbetrieb durchführen.

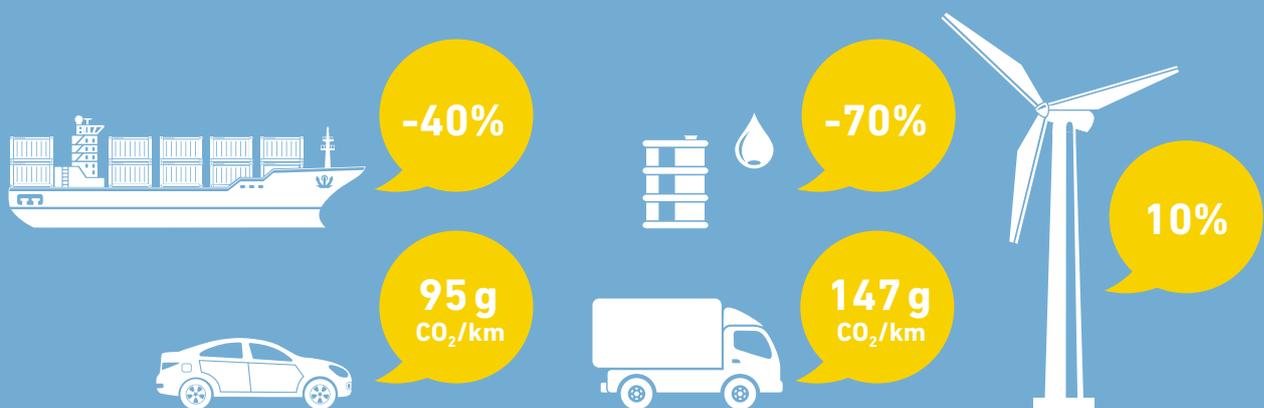
## Verbesserte Frachtraumnutzung durch Big/Smart Data Analytics

Eines der größten Transportprobleme auf dem Weg zum reduzierten CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind die ungenutzten, aber bewegten Frachträume. Natürlich lässt sich bei ständigen Forderungen nach noch schnelleren Lieferzeiten nicht gleichzeitig das genutzte Frachtraumvolumen optimieren und verbessern. Aber vor allem Big Data Analytics kann dabei helfen, noch nicht realisierte, aber antizipierbare Bedarfe früher planbar und so mit laufenden Transporten kombinierbar zu machen und das vorhandene Angebot von Laderaum mit dem Bedarf kurzfristiger zusammenzubringen.

Eine faszinierende Idee mit der Vision einer ganzheitlichen Lösung für die Logistik hat die Schweizer Cargo Sous Terrain AG entwickelt. Dabei ermöglicht ein automatisiertes Logistiksystem einen unterirdischen Transport von Paletten und Behältern. Tunnel verbinden Produktions- und Logistikstandorte mit Ballungsräumen. In der Stadt werden die Güter von CST effizient und ökologisch nachhaltig verteilt. Die Idee hat bereits zahlreiche Unterstützer aus Industrie und Kommunalwirtschaft gefunden und zeigt, dass unternehmensübergreifende, sich am Plattform-Gedanken orientierende Ansätze wirklich substantielle Verbesserungen in der Logistik erzielen können.



### Smart Transportation – EU-Ziele für Emissionsenkungen im Transportsektor



#### Reduzierung ...

... der Treibhausgasemissionen durch Schiffsdiesel bis 2050 um 40 % gegenüber 2005

... der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen bis 2020 auf 95 Gramm/Kilometer

... des Transportölverbrauchs bis 2050 um 70 % gegenüber 2008

... der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer Lieferwagen bis 2020 auf 147 Gramm/Kilometer

Für jeden EU-Mitgliedstaat muss der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor bis 2020 mindestens 10 % betragen.

Quelle: Europäische Umweltagentur (EEA)

# BIMODALE LIEFERKETTEN

Von Dr. Wolfgang Keplinger  
ROI Management Consulting AG

**Logistik 4.0 wird getrieben von einem veränderten Kundenverhalten: Eine neue Generation von Digital Natives und Smarter (Grey) Users agiert zum Teil kontinuierlich im Internet, zuweilen sogar auf mehreren Kanälen gleichzeitig. Mit ihnen hat sich auch ein digitales Konsumverhalten entwickelt, das geprägt ist vom Wunsch nach individualisierten, kurzfristig verfügbaren Produkten.**

### Logistik-Superstars

Diese Entwicklung hat bereits neue oder veränderte Dienstleister hervorgebracht: DHL meisterte die Wende vom Staatsbetrieb zum wettbewerbsfähigen Technologieführer, Amazon rückt(e) den Kunden in den Mittelpunkt aller Überlegungen und schuf auf dieser Basis einen neuen Logistikstandard. Und Zalando beweist sich als Weltmeister der Reverse Logistics. Was allen drei Beispielen gemeinsam ist: Sie fokussieren sich bei allen Überlegungen und Veränderungen konsequent auf den Kunden und dessen Erwartungen und richten die Logistikkette exakt an diesen aus.

### Same Day Delivery wird Commodity

„Kundennähe“ wird dabei auch durch Echtzeitdaten über das Kaufverhalten und die Produktnutzung hergestellt. Die erbrachte Produktleistung wird nicht mehr mit der Leistungsspezifikation verglichen, sondern mit den tatsächlichen Erwartungen des Kunden. Logistische Top-Performer wollen es ihren Kunden dabei so einfach wie möglich machen: Die Lieferung am selben Tag entwickelt sich zur Lieferung innerhalb von zwei Stunden; statt per Knopfdruck bestellt der Kunde inzwischen per Sprachsteuerung eines Chatbots. Und die Zustellung an die Haustür wird von einer Übernachtslieferung in den Kofferraum des lokalisierbaren Autos oder zu einem anderen individuellen Abgabepunkt abgelöst.

### Wachstum dank bimodaler Lieferketten

Diese intensive Kundenorientierung in der Lieferkette hat zu einem gravierenden Paradigmenwechsel in der Wertschöpfung der Logistikunternehmen geführt: „Funktionale Silos“ aus Vertrieb, Entwicklung und Operations sind passé, an ihre Stelle tritt bei den Logistikführern ein integriertes Management von Bedarf, Nachschub und Produktion. Nur so schaffen es z. B. die Anbieter komplexer technologischer Produkte wie Smartphones oder Tablets, bei hochfrequenten Innovationsaktivitäten jährlich neue technologische Lösungen punktgenau zur Marktreife zu bringen. Bimodale Lieferketten ermöglichen somit eine ausgezeichnete Kostenposition innerhalb einer Lieferkette. Zugleich unterstützen sie das gewünschte Wachstum durch die rasche Eroberung neuer Technologien und Märkte. Diese gleichzeitige Beherrschung von zwei unterschiedlichen Fähigkeiten – kontinuierliche Leistungssteigerung und Kostensenkung einerseits sowie Innovationen und Wachstum andererseits – ist es, was als bimodales Management von Lieferketten bezeichnet wird.

## Innovationsexzellenz als neue Lieferkettenanforderung

Der neue Bestandteil dieser bimodalen Lieferkettenstrategie ist die schnelle Entwicklung und Adaption von Innovationen. Bisher war die Logistik dafür bekannt, primär den Service verbessern und die Kosten senken zu können. Doch die neuen Top-Performer überzeugen sowohl durch operative als auch durch Innovationsexzellenz. Unternehmen können von ihnen nicht nur lernen, wie man mittels bimodaler Lieferketten optimale Kundenbeziehungen herstellt. Sie sollten sich zudem an den Best-Practice-Methoden der Marktführer orientieren, um

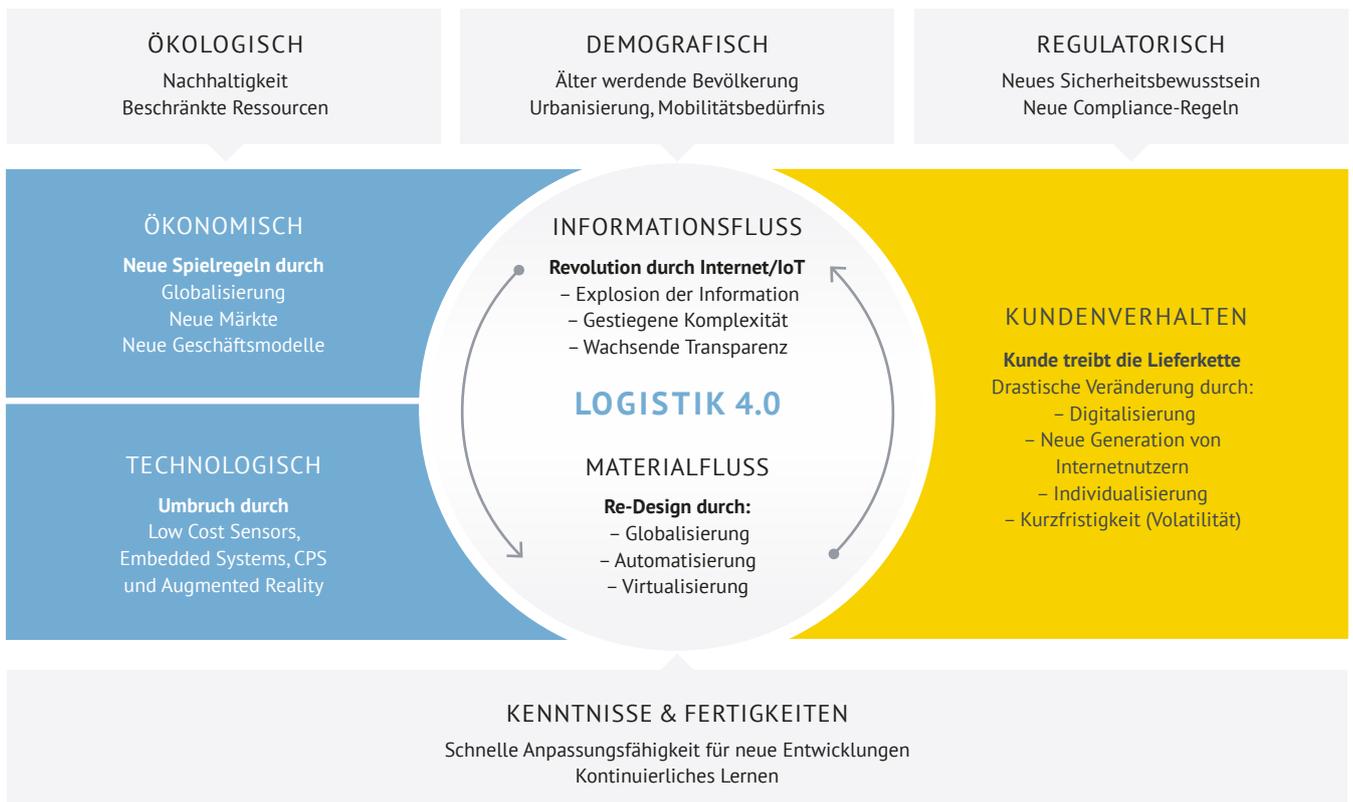
- innerhalb kürzester Zeit neue Lieferanten aufzubauen;
- mit den bestehenden Lieferanten zu neuen Innovationen zu gelangen (Co-Innovation);
- gemeinsam mit dem Entwicklungsbereich in kürzester Zeit neue Produktgenerationen zu entwerfen und lieferfähig zu machen;
- mit HR neue Talente an Bord zu holen und die funktionsübergreifende Zusammenarbeit im Unternehmen zu organisieren;
- mit der IT neue Softwarelösungen zu erarbeiten;
- gemeinsam mit dem M&A-Bereich neue Akquisitionen rasch zu integrieren.

# Die gleichzeitige Beherrschung von zwei unterschiedlichen Fähigkeiten ist es, was als bimodales Management von Lieferketten bezeichnet wird.

## Wenn das Paket den Empfänger findet

Diese Innovationsperspektive darf keine lästige Pflichtaufgabe sein, sie sollte tief in der DNA des Unternehmens verankert werden. Denn die Kunden, die Wettbewerber oder die technologischen Möglichkeiten sind im Zweifelsfall garantiert schon immer einen Schritt weiter als die eigene Planung. Ein Beispiel: Denkt man die Möglichkeiten von Smart Analytics weiter, so kann schon bald anhand von auf dem Smartphone gespeicherten Bewegungsdaten und Kalendereinträgen die erwartete Sendung ganz automatisch dorthin gesteuert werden, wo sich der Empfänger zum frühestmöglichen Eintreffzeitpunkt der Sendung wahrscheinlich gerade befindet. Das „Logistische Uhrwerk“ tickt also ganz klar digital – und im Hinblick auf die Kundenorientierung immer schneller.

## Treiber der Logistik 4.0



## MESSBAR BESSER.

Als Experte für Forschung und Entwicklung, Produktion und Industrie 4.0 mit mehr als 3.000 erfolgreichen Projekten, unterstützt ROI Industrieunternehmen darin, ihre Produkte, Technologien und Produktionsnetzwerke zu optimieren und die Potenziale der Digitalisierung für effizientere Prozesse und intelligente Produkte zu nutzen. Operative Exzellenz und quantitative, nachhaltig wirksame Ergebnisse sind dabei die Ziele, an denen ROI sich messen lässt. Für seine stark umsetzungsorientierten Projekte erhielt ROI mehrere wichtige Auszeichnungen wie die Siegel „Beste Berater“ von „brand eins“ sowie „Best of Consulting“ der „WirtschaftsWoche“ und belegt Top-Platzierungen in der Studie „Hidden Champions des Beratungsmarktes“ der WGMB.

Um den Themenkomplex Industrie 4.0 greifbar und in der Unternehmenspraxis effektiv nutzbar zu machen, betreibt ROI eine Industrie-4.0-Lernfabrik, in der technologische Grundlagen und Prinzipien der Digitalisierung mit dem Lean-Production-Ansatz kombiniert und praxisnah vermittelt werden. Gemeinsam mit der Fachzeitung „Produktion“ schreibt ROI in Deutschland seit 2013 den „Industrie 4.0 Award“ aus, seit 2017 auch in China.

1999 in München gegründet, beschäftigt die ROI Gruppe weltweit mehr als 150 Mitarbeiter an den Standorten München, Stuttgart, Peking, Prag, Wien und Zürich. Das Spektrum der Kunden reicht von renommierten mittelständischen Unternehmen bis hin zu DAX-Konzernen.



### Abonnieren Sie jetzt den ROI DIALOG

Nutzen Sie den nebenstehenden QR-Code und gelangen Sie direkt zum Bestellformular. Oder einfach unter [www.roi.de](http://www.roi.de) den Navigationspunkt ROI DIALOG aufrufen.

#### Impressum:

V. i. S. d. P.: Hans-Georg Scheibe | ROI Management Consulting AG | Infanteriestraße 11, D-80797 München  
Tel. +49 (0)89 121590-0 | E-Mail: [dialog@roi.de](mailto:dialog@roi.de) | Vorstand: Michael Jung, Hans-Georg Scheibe  
Grafik-/Bildrechte: Soweit nicht anders vermerkt, liegen die Bildrechte bei der ROI Management Consulting AG und den einzelnen Autoren.

Druck: CreativDruck Moosach | Pelkovenstr. 42, D-80992 München

Layout und Illustrationen: ALEKS & SHANTU GmbH