

# Logistik 4.0

*Die Vision vom Internet der autonomen Dinge*

Michael ten Hompel · Sören Kerner

## Einleitung

Der gesellschaftliche Wandel und die Globalisierung der Wirtschaft führen zu einer weitreichenden Änderung des Konsumverhaltens. Der Wunsch nach immer individuelleren Produkten und die steigende Beeinflussung des Kaufverhaltens durch globalen Handel und Logistik, führen zur Notwendigkeit der Flexibilisierung in der Produktion. Dadurch steht insbesondere die Logistik vor Aufgaben von bisher nicht bekannter Komplexität. Dies gilt in gleichem Maße für die Intralogistik wie auch für das Supply-Chain-Management. Als Konsequenz wird bereits seit der Jahrtausendwende über die Einführung einer Vielzahl von Technologien aus dem Kontext „Internet der Dinge“ diskutiert. Folglich ist die Logistik federführend an der Erforschung des Einsatzes cyberphysischer Systeme beteiligt.

Dieser Beitrag geht daher der Frage nach, warum die vierte industrielle Revolution in der Logistik stattfindet und welchen Wandel und neue Herausforderungen dies mit sich bringen wird. Mit diesem Beitrag wird der Versuch unternommen, einige wesentliche Aspekte der laufenden Entwicklung anzureißen und ein Panorama einer „Logistik 4.0“ zu vermitteln.

## Logistik 4.0 – Paradigmenwechsel im Kontext von Industrie 4.0

Die Planung logistischer Systeme ist ein aufwendiger Prozess. Zukünftige Unwägbarkeiten müssen bereits zu Beginn für einen mehrjährigen Lebenszyklus kalkuliert werden. Die analytische Intralogistik-Planung basiert derzeit jedoch in wesentlichen

Teilen auf Grenzleistungsrechnungen, die für den späteren Betrieb lediglich die maximal zu erbringenden Leistungen der jeweiligen Systemkomponenten simulieren und antizipieren [4]. Das Ergebnis ist in der Regel eine spezialisierte und hoch performante Lösung, die im Gegenzug jedoch unflexibel und nur bedingt skalierbar ist. Doch eben dies sind Anforderungen, die bei modernen Materialflusssystemen immer mehr Gewicht bei der Bestimmung ihrer Pareto-optimalen Gestaltung gewinnen. Gleichzeitig führt die steigende Volatilität des Produktions- und Handelsumfeldes dazu, dass sich der ideale Standort solcher Systeme nicht mehr dauerhaft festlegen lässt. Damit sind viele der konventionellen Systemlösungen nicht mehr sinnvoll anwendbar. Es wächst immer mehr die Forderung nach infrastruktureduzierten logistischen Systemen. Konsequenz zu Ende gedacht, führt dies zur Vermeidung jeder Form starrer Infrastruktur und zu der nicht ganz ernst gemeinten aber richtungsweisenden Forderung: Der ideale logistische Raum ist leer!

Unter anderem führten diese Überlegungen dazu, die Übertragung der Prinzipien des Internet der Dinge auf die logistische Praxis zu diskutieren. Das korrespondierende Prinzip der Dezentralisierung führte zugleich zur Modularisierung mechanischer und steuerungstechnischer Komponenten. So entstanden unter anderem auf operativer

---

DOI 10.1007/s00287-015-0876-y  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Michael ten Hompel · Sören Kerner  
Fraunhofer IML  
E-Mail: {michael.ten.hompel, soeren.kerner}  
@iml.fraunhofer.de

## Zusammenfassung

Die vierte industrielle Revolution hat weitreichende Konsequenzen für die Logistik und ihr Selbstverständnis. Nicht zuletzt das Konsumverhalten der Gesellschaft führt zu neuen logistischen Anforderungen, für die sich das Konzept eines „Internet der Dinge und Dienste“ als wahrscheinliche Lösung abzeichnet. Dessen konsequente Umsetzung führt jedoch unweigerlich zur Notwendigkeit, einige grundlegende Konzepte der Logistik zu überdenken. In einem Versuch, ein Bild der Vision „Logistik 4.0“ zu skizzieren, geht der Beitrag der Frage nach, welche Paradigmenwechsel die vierte industrielle Revolution nach sich ziehen wird und wie diese proaktiv adressiert werden können.

Ebene Konzepte autonom interagierender Einheiten wie die „Zellularen Transportsysteme“<sup>1</sup> [5].

Der Transfer klassisch monolithischer ERP-Systeme in eine oder mehrere Clouds führte auf der überlagerten, „normativen“ Ebene zu einer mit der Dezentralisierung korrespondierenden Virtualisierung. Mit standardisierten Business Objects (BOs) und Services wird die Erwartung verfolgt, skalierbare Lösungen zu schaffen, die sich flexibel einem wandelnden Bedarf anpassen. Werden die BOs in ebenfalls standardisierten Cloud-Umgebungen, wie sie beispielhaft in der „Logistics Mall“ ([www.logistics-mall.com](http://www.logistics-mall.com)) umgesetzt wurden, instanziiert, so wird deutlich, welche Potenziale im „Internet der Dinge und Dienste“ für die Logistik zu heben sind. Erste industrielle Applikationen mit Inbetriebnahmezeiten von wenigen Tagen sind ein deutlicher Beleg für richtungweisende Effektivität und Effizienz, die durch das Zusammenspiel von De-

zentralisierung und Virtualisierung im Sinne eines „Internet der Dinge und Dienste“ erreicht werden können.

In der Logistik bilden die Trends von Industrie 4.0 fortlaufend neue Puzzleteile, aus denen sich immer klarer ein „Picture of the Future“ zusammensetzt – das Internet der Dinge lernt sehen, hören und handeln. Durch den Einsatz von Sensoren und Aktoren in Kombination mit dezentralen Entscheidungseinheiten entstehen autonome, untereinander kommunizierende Einheiten, die als cyberphysische Systeme (CPS) bezeichnet werden. Schwärme cyberphysischer Fahrzeuge übernehmen beispielsweise den innerbetrieblichen Transport, indem sie selbstständig Behälter aus Regalen auslagern und an beliebige Zielorte transportieren. Die Anordnung von Arbeitsstationen ist jederzeit veränderbar. Die Fahrzeuge lernen voneinander. Ihre Softwareagenten verhandeln Aufträge und Prioritäten. Sie tauschen fortwährend die Standorte neuer Stationen oder Lagerplätze aus und optimieren so selbstständig Transportwege. Auch dem räumlichen Umzug eines solchen Gesamtsystems steht nichts mehr im Wege – durch einen verteilten SLAM-Ansatz (Simultaneous Localization and Mapping) entfällt die aufwendige Konfiguration und Inbetriebnahme am neuen Standort. Das System konfiguriert sich eigenständig. Prototypisch wurde auch dieses „Picture of the Future“ unter dem Rubrum „Zellulares Transportsystem“ im industriellen Maßstab umgesetzt (vgl. [www.hub2move.de](http://www.hub2move.de)).

Die fortschreitende Entwicklung elektronischer Komponenten wie Prozessoren, Speicher, Displays, Sensoren usw. ermöglicht es schon heute, für weniger als 20 Euro aus jeder Kiste ein cyberphysisches System zu machen. Als konsequente Erweiterung der klassischen RFID-basierten Identifizierung im Internet der Dinge führt dies zu der Vision einer Autonomisierung jedes logistischen Objekts von der Kiste bis zum Container. Zugleich entsteht eine nie dagewesene Verknüpfung von Material- und Informationsfluss, die es dem Ladungsträger ermöglicht, selbst aktiv zu werden. Er organisiert seine logistische Operation selber. Es entsteht ein Ad-hoc-Konglomerat cyberphysischer Systeme, welches mit seiner Komplexität zwar eine zentrale Steuerung an ihre Grenzen bringt, diese aber auch gleichzeitig überflüssig macht. Das Maß der Dezentralität der idealen Lösung wächst mit steigender Komplexität des Problems!

<sup>1</sup> Zellulare Transportsysteme (engl. „Cellular transport systems“; auch „Zellulare Fördertechnik“) basieren auf autonomen fördertechnischen „Entitäten“. Dies sind z. B. autonome Transportfahrzeuge (Fahrerlose Transportfahrzeuge) und/oder autonome Fördertechnikmodule. Die Kommunikation der Entitäten untereinander erfolgt, wie auch die Steuerung selbst, typischerweise durch (Software-)Agenten. Zellulare Transportsysteme sind „topologieflexibel“: Die Anordnung der fördertechnischen Entitäten im Raum (das fördertechnische Layout) kann jederzeit geändert werden. Werden den (bewegten) logistischen Objekten „Missionen“ und Strategien bzw. entsprechende Koeffizienten implantiert, so verfolgen deren Agenten in der Kommunikation mit der Umgebung und untereinander das vorgegebene Ziel selbstständig (z. B. Ein- und Auslagerung, Transport, Sortierung etc.). Auch die gewünschte Emergenz im Sinne einer ressourcenschonenden Zielerfüllung des Zellularen Transportsystems ergibt sich durch Interaktion zwischen den fördertechnischen Entitäten und einer entsprechenden (serviceorientierten) Umgebung selbstständig. Zellulare Transportsysteme sind somit intralogistische Systeme höchster Flexibilität.

**Abstract**

The fourth industrial revolution will fundamentally change logistics and its self-perception. Today's consumer behavior leads to new logistics challenges and the concept of the "Internet of Things and Services" seems to be the probable solution for that. Its consequent implementation inevitably results in the necessity to reconsider some basic concepts of logistics. This article outlines the vision of "Logistics 4.0" and emphasizes the question, which paradigm changes will emerge from the fourth industrial revolution and how to address them proactively.

vielmehr „Missionen“. Es ist nun die Aufgabe der Agenten der cyberphysischen Systeme, diese zu verhandeln und echtzeitnah und applikationsspezifisch auszuführen. Wie Abb. 1 simplifiziert verdeutlicht, entkoppelt das Internet der Dinge dabei gleichzeitig die Entscheidungsebenen und schafft so eine erhöhte Wandelbarkeit und implizierte Skalierbarkeit.

Die Vorteile, die diese Vision einer Logistik 4.0 in Bezug auf Flexibilität und Wandelbarkeit in sich trägt, erscheinen so prägnant, dass es nahe liegt anzunehmen, dass die vierte industrielle Revolution unweigerlich einen signifikanten Einfluss auf die Logistik der Zukunft haben wird. Dies würde jedoch ohne Frage einen Wechsel bisheriger Paradigmen nach sich ziehen. Erkennt man deren Implikationen frühzeitig, können die resultierenden Herausforderungen bereits im Vorfeld angegangen werden. Im Folgenden werden hierzu einige Gedanken vorgestellt.

Zurück zur überlagerten, „normativen“ Ebene: Naturgemäß nimmt ein Supply-Chain-Managementsystem auch nach der vierten industriellen Revolution immer noch in konventioneller Weise Kundenaufträge entgegen, löst Bestellungen aus oder verwaltet die Finanzen. Doch das Verständnis der (System-)Steuerung ändert sich fundamental. Anstatt eines direkten Durchgriffs auf die operative Ebene definiert die normative Ebene

**Steuerung 4.0 – vom Prozessverständnis zur Stochastik**

Die Forderung nach immer flexibleren logistischen Lösungen führt im Materialfluss zwangsläufig weg von starrer, festgeplanter Fördertechnik hin zu „Zel-

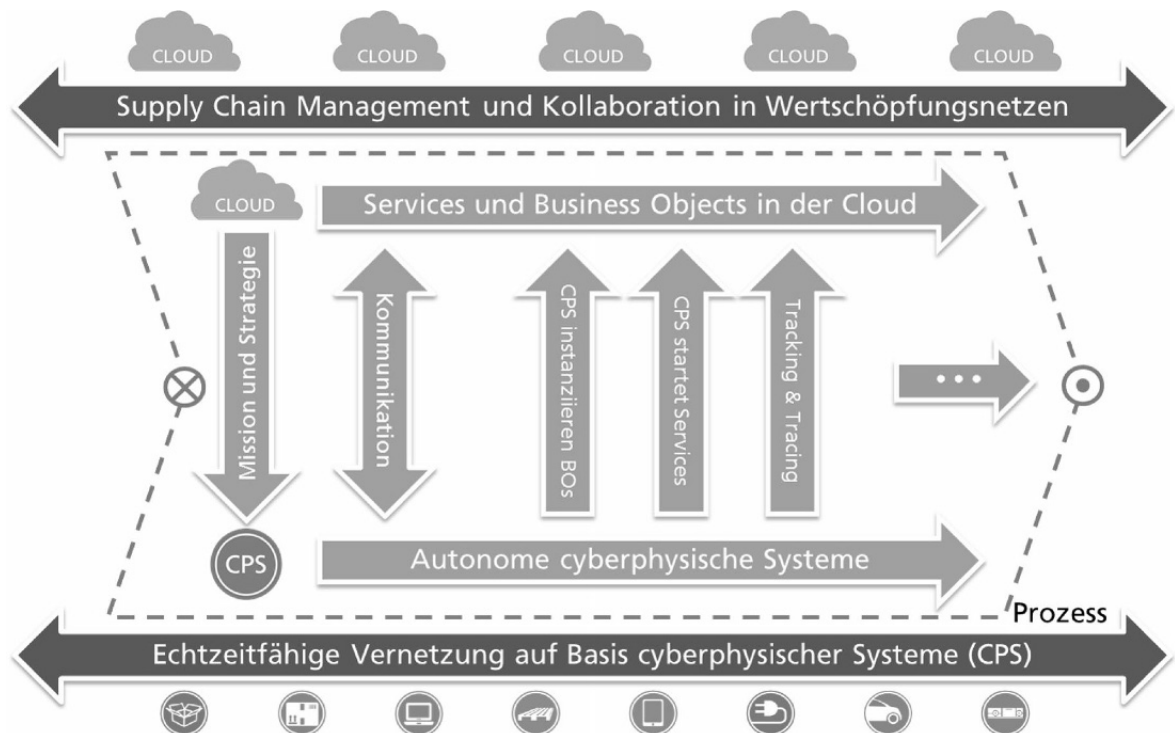


Abb. 1 Prozesssteuerung und Industrie 4.0

lularen Transportsystemen“. Wie auch immer die technische Ausprägung dieser Systeme aussehen mag, der Weg zu dezentralen, autonomen Modulen scheint vorgezeichnet. Die Komplexität eines solchen Systems ist nicht mehr mit vertretbarem Aufwand hierarchisch in Echtzeit zu beherrschen. Folglich muss das Maß der Dezentralisierung und Selbstorganisation einer solchen Lösung mit der Komplexität der logistischen Systeme wachsen. Der Wahrheitsgehalt dieser Aussage wird offensichtlich, sobald man erkennt, dass dies einem „Divide and Conquer“-Ansatz gleichkommt. Das komplexe Gesamtproblem wird in eine Vielzahl einfacher, lokaler Teilprobleme zerlegt. Diese wiederum sind durch ihre reduzierte Komplexität von einem CPS zu beherrschen. Paradoxerweise führt jedoch eben diese Lösung durch Reduktion auf einfache Teilprobleme zu einer potenzierten Komplexität des gesamten Systems. Folglich muss ein Umdenken im Verständnis von der Steuerung solcher logistischer Systeme erfolgen.

Die vierte industrielle Revolution hat als unmittelbare Konsequenz der Autonomisierung der Komponenten zur Folge, dass eine Vielzahl neuer Sensoren sowohl in den Produktions- als auch in den Materialflusskontext integriert werden. Es steht eine um ein Vielfaches größere Menge an Informationen über den Zustand des Systems zur Verfügung. Beherrscht man diese Datenflut – nicht umsonst spricht man auch in diesem Zusammenhang von „Big Data“ – führt dies zu einer starken Erhöhung der Transparenz des Prozesses. Aus regelungstechnischer Sicht erhöht sich die Beobachtbarkeit der Regelstrecke. Im gleichen Zuge führt die Autonomisierung aber auch zu einer Potenzierung der Anzahl der Stellglieder und Regelgrößen. Doch auch wenn dadurch die Steuerbarkeit des Regelsystems erhalten bliebe, so kann dies doch nur als theoretischer Fakt angesehen werden. Die Wechselwirkung der verschiedenen autonomen Regelkreise folgt zwar Gesetzmäßigkeiten, doch sind diese derart komplex, dass das Verhalten des Systems nicht in jedem Fall vorhersehbar ist. Die Systemtheorie spricht von deterministisch chaotischem Verhalten.

Für die Logistik hat dies zur Folge, dass die Zielerreichung nicht mehr unmittelbar der Kontrolle des Planers unterliegt. Sie kann nicht einmal mehr genau vorhergesagt werden. Vielmehr weicht das klassische Kontrollverständnis einer Aussage statistischer Wahrscheinlichkeiten. Dies ist ein Trend, der

sich bereits in der Vergangenheit bei der Steuerung von Systemen abzeichnete, deren Komplexität die herkömmlichen Algorithmen überstieg. Im Kontext von Logistik 4.0 erscheint die Betrachtung der Logistik als stochastischer Prozess unausweichlich.

### **Autonomie 4.0 – von der Selbststeuerung zu emergentem Verhalten**

Die Einführung von autonomen Systemen hat über die Betrachtung als stochastischer Prozess hinaus noch weitreichende Konsequenzen. Um diese zu erkennen, hilft eine Betrachtung vergleichbarer Entwicklungen aus anderem wissenschaftlichen Kontext. Hier ist zunächst die Robotik zu nennen, die sich bereits seit einiger Zeit der Erforschung autonomer Systeme verschrieben hat. Hervorgehoben sei die verhaltensbasierte Robotik, die einen Ansatz zur Entwicklung von intelligenten Systemen untersucht, die der klassischen logikbasierten Künstlichen-Intelligenz-Forschung konträr gegenübersteht [1]. Sie versucht nicht, das Gesamtverständnis eines Systems logisch abzubilden. Vielmehr macht sie sich die Wechselwirkungen einfacher Verhaltensregeln zu Nutze, um komplexe Verhaltensmuster zu entwickeln. Durch die Komplexität der Interaktion sind diese aber nicht in jedem Fall unmittelbar durchdringbar und so wird in diesem Kontext von emergentem Verhalten gesprochen. Damit wird keine vollständige Lösung für hochkomplexe Problemstellungen gefunden. Gleichwohl entwickelt sich zielführendes, emergentes Verhalten. In der Intralogistik finden entsprechende Algorithmen Einsatz bei der Batch-Berechnung und in ersten Shuttle-Schwärmen (schienegeführte Fahrzeuge, die zur Ein- und Auslagerung und zum Transport von Behältern eingesetzt werden).

Einige Jahre zuvor fanden bereits Multiagentensysteme in der Finanzwelt Anwendung. Auktionen und spieltheoretische Ansätze wurden dort schon in den frühen 1980er-Jahren – zum Beispiel im Aktienhandel – eingesetzt (Hochfrequenzhandel, [2]). In diesem Umfeld wurde auch bereits frühzeitig das Problem offensichtlich, dass emergentes Verhalten auch zu Instabilitäten bis hin zu einer Kettenreaktion nicht unähnlich einer Resonanzkatastrophe führen kann. Auch wenn jeder der Softwareagenten über immanente Sicherheitsmechanismen verfügte, so war in diesen Fällen die Reaktion der Agenten aufeinander doch derart komplex, dass der Einfluss auf

das lokale Regelsystem jedes Einzelnen nicht mehr vollständig bedacht werden konnte.

Ähnliche Problemstellungen sind bei der hochgradigen Dezentralisierung und Autonomisierung auf Basis von Multiagentensystemen in intralogistischen Schwärmen von Fahrzeugen oder intelligenten Behältern ([www.inBin.de](http://www.inBin.de)) ebenfalls zu erwarten. Die Wechselwirkung der einzelnen Systeme untereinander ist in diesem Fall sogar noch ungleich komplexer und auch die Übertragung der Kommunikation selbst stellt einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf das Systemverhalten dar. Im Kontext des Internets der Dinge kann ein (intralogistisches) System daher nicht mehr ohne weiteres als zeitinvariant betrachtet werden [3]. Neue Algorithmen werden notwendig, um das gutartige Verhalten eines solchen potenziell zeitvarianten „Regelkreises“ im Hinblick auf die Systemsicherheit zu untersuchen. Im herkömmlichen Sinne von funktionaler Sicherheit, englisch „Safety“, wird versucht, diese durch strikte Regularien sicher zu stellen. Dieser Exkurs zeigt aber unmissverständlich, warum dieses Vorgehen für CPS-Schwärme nicht unbedingt genügt und motiviert somit die Notwendigkeit, das Paradigma der funktionalen Sicherheit im benannten Kontext neu zu denken – oder zumindest durch eine ausführliche Betrachtung zu erweitern.

Das neue Verständnis von Sicherheit endet aber nicht bei der funktionalen Sicherheit. In besonderem Maße muss auch die IT-Sicherheit, englisch „Security“, von 4.0-Systemen einbezogen werden. Die Vernetzung der Systeme untereinander führt insbesondere beim Management globaler Supply Chains zu neuartigen Angriffsmöglichkeiten, zum Beispiel bei der Vernetzung der Systeme mit der Cloud. Dieser Aspekt soll nicht im Detail beleuchtet werden, doch liegt eine erneute Betrachtung der Analogie zu Softwareagenten des Finanzmarkts nahe. Im März 2013 kam es beispielsweise an der US-amerikanischen Börse zu starken Schwankungen und Einbrüchen. Auslöser war eine Meldung der Nachrichtenagentur AP über Twitter, die über Explosionen im Weißen Haus berichtete. Die Algorithmen der Softwareagenten reagierten schnell, ohne die Skepsis, die ein Mensch der Meldung entgegengebracht hätte. In der Tat handelte es sich um eine Falschmeldung, die von Hackern platziert wurde, die somit – zwar indirekt, aber mit unmittelbarer Auswirkung – Einfluss auf die Finanzwelt genommen hatten. Die Übertragung auf die zukünftig

autonom interagierenden Softwareagenten globaler logistischer Netzwerke gibt einen deutlichen Fingerzeig. Zugleich werden die Unternehmen, welche die Vorteile hochfrequenten logistischen Handelns erschließen, deutliche Markt Vorteile erzielen.

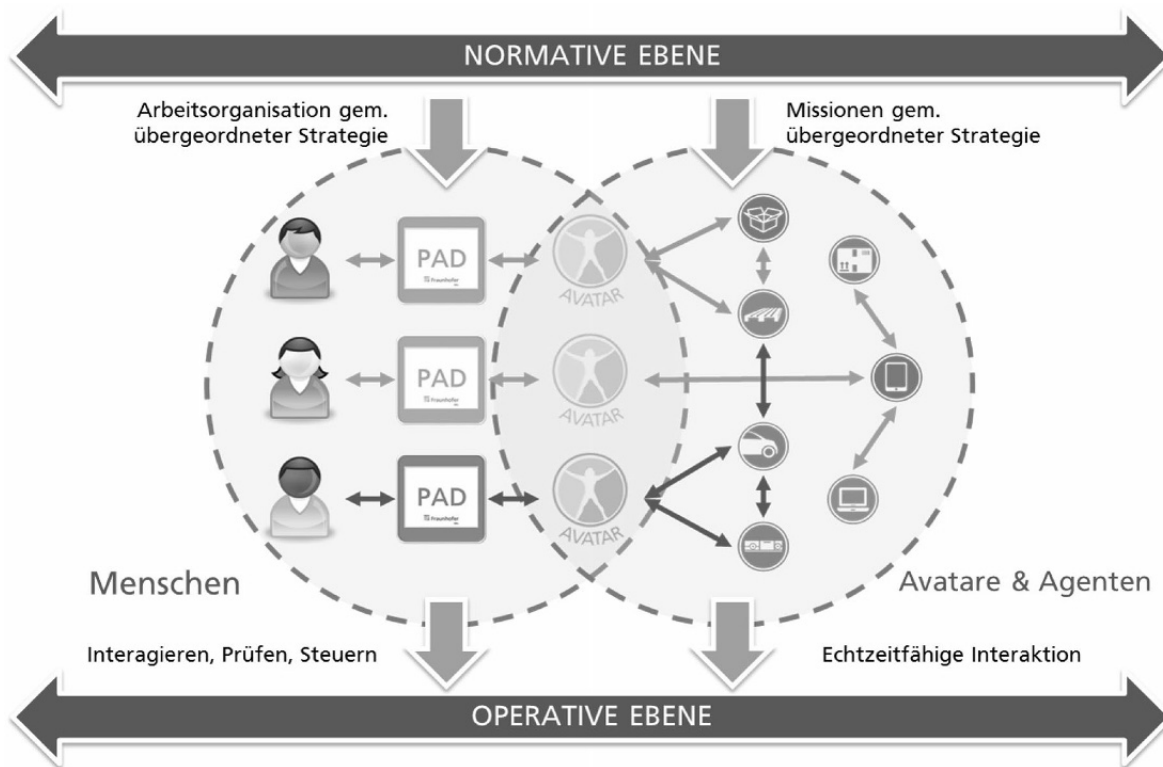
So wichtig wie dieses Um- und Weiterdenken der Sicherheit für das Gelingen der vierten industriellen Revolution auch ist, so wenig kann derzeit eine allumfassende Lösung präsentiert werden. Jedoch bietet die Logistik als Vorreiter der praktischen Umsetzung der Idee des Internet der Dinge und Dienste ein umfassendes Feld für die Forschung. Bereits heute existieren sowohl Lösungen zur Cloud-Integration als auch erste Lösungen für CPS-Schwärme. Die Vision Logistik 4.0 bietet demnach sowohl theoretisch als auch experimentell Raum, um die Sicherheit solcher Systeme eingehend zu untersuchen.

## **Mensch und Logistik 4.0 – vom Planer zum Akteur**

Der Paradigmenwechsel, den der Einsatz von CPS auf die Struktur von logistischen Systemen mit sich bringt, hat fundamentalen Einfluss auf das Verständnis der Rolle des Menschen im soziotechnischen Kontext. Wie sieht die Rolle des arbeitenden Menschen in einer Zukunftsvision von autonom agierenden Maschinen aus, die untereinander kommunizieren und selbstständig ihre Aufgaben verteilen? Wie sieht die Aufgabe eines Controllers aus, der ein System überwachen soll, das so komplex ist, dass es sich selbst organisieren muss?

Diese Fragen zeigen unmissverständlich die Notwendigkeit eines Neudenkens des zukünftigen Verständnisses der logistischen Arbeit auf. Finale Antworten existieren auf diese Fragen nicht, doch zeichnen sich im Kontext der Vision Logistik 4.0 immer klarer Facetten einer zielführenden Lösung ab. In einem System, das sich weg von der hierarchischen Planung hin zu einem missionsgesteuerten Konzept bewegt, muss dem Menschen zum einen die Möglichkeit geboten werden, an diesen Missionen zu partizipieren und zum anderen Missionen ins System einzubringen.

Dies erfordert die permanente Möglichkeit, sich mit den CPS und den intelligenten Umgebungen einer Logistik 4.0 in Verbindung zu setzen und mit ihnen zu interagieren. Eine Lösung liegt im Design einer neuen Geräteklasse sogenannter „Production Assistant Devices“ (PADs). Die bereits benannten



**Abb. 2** Integration des Menschen durch Avatare in den soziotechnischen Kontext des Internets der Dinge

Fortschritte technologischer Entwicklung bietet bislang gute Möglichkeiten „Smart-Devices“ und „Wearables“ zu realisieren, die speziell auf diese Aufgabe zugeschnitten sind. Durch ein PAD ist der Mensch in Form einer Softwarerepräsentation seines Individuums – seinem Avatar – ständig online und mit der überlagerten Cloud verbunden, wie Abb. 2 verdeutlicht.

Er kann durch seinen Avatar unmittelbar mit dem System interagieren und kollaborieren. Ein Avatar repräsentiert die Fähigkeiten und Fertigkeiten und damit letztlich die Aufgabe „seines“ Menschen im (Logistik-)Prozess. Ein Avatar wird von (und ggf. auf) einem dezidierten PAD gestartet, auf dem der Mensch sich autorisiert und anmeldet.

Das Prozess-Controlling durch den Menschen wird nicht mehr unmittelbar stattfinden, jedoch kann er das System durch Definition von Rahmenbedingungen und in Form von Missionen weiterhin maßgeblich beeinflussen.

Diese neue Form der Interaktion wird einen entscheidenden Faktor bei der Akzeptanz solcher Systeme darstellen und deren Flexibilität und Sicherheit signifikant beeinflussen. Die Übernahme

von Missionen durch den Menschen führt darüber hinaus zu neuen Wegen der Kollaboration, die einem „Social Network“ nicht unähnlich sind. Ein Umstand, der aktuell zu dem Rubrum „Social Manufacturing and Logistics“ im Kontext europäischer Forschung führte.

Auch in Zukunft wird die Wandelbarkeit und Flexibilität des Menschen von keinem CPS zu ersetzen sein. Er wird auch in einer Logistik 4.0 eine wesentliche Rolle spielen. Mehr denn je werden die Systeme und Unternehmen erfolgreich sein, denen es gelingt, spielerische Leichtigkeit und Sicherheit im Zusammenspiel mit cyberphysischen Systemen, Netzwerken und Clouds zu vermitteln. Für eine nahtlose Integration des Menschen in das Internet der Dinge und Dienste erscheinen aber noch weitreichende Entwicklungen abseits der Cyber-Ebene vonnöten. Das heutige Verständnis von Sicherheit im Kontext der Automatisierung setzt zum Beispiel die strikte Trennung des Arbeitsraums von Mensch und Maschine voraus. Für eine effektive Kollaboration ist es jedoch unabdingbar, diese zu verschmelzen. Dies erfordert auf der einen Seite Sensorik, die es ermöglicht, eine dynamische Schutzhülle um den

Menschen aufzubauen, auf der anderen Seite aber auch neuartige Konzepte der Mensch-Maschine-Interaktion, die im industriellen Kontext verlässlich eingesetzt werden können.

## **Ausblick**

Einig ist man sich: Die vierte industrielle Revolution steht unmittelbar bevor. Sie stellt jedoch ein Unikat im Vergleich zu ihren Vorgängern dar. Bei ihnen war eine bahnbrechende Erfindung der Auslöser und die Revolution die unmittelbare Reaktion. Das Potenzial für die vierte Revolution wurde jedoch bereits im Vorfeld erkannt und vor ihrem Auftreten prognostiziert. Ihr volles Ausmaß ist noch nicht abzusehen, doch zeichnet sich immer klarer eine Vision davon ab, wie die Zukunft aussehen wird. Der Weg in

Richtung eines Internet der Dinge und Dienste wird immer offensichtlicher. Dies bietet bisher nie dagewesene Möglichkeiten, die Konsequenzen bereits im Voraus zu durchdenken und deren Einfluss zu untersuchen. Im Umkehrschluss birgt es aber auch die Verantwortung, bereits im Vorfeld Notwendigkeiten im Umdenken zu erkennen, um den Weg für diese Revolution zu ebnet und die Zukunft maßgeblich mit zu gestalten.

## **Literatur**

1. Brooke RA (1990) Elephants don't play chess. *Robotics Auton Syst* 6:3–15
2. Lewis M (2014) *Flash Boys. A Wall Street Revolt.* W.W. Norton
3. Ochs K (2012) *Theorie zeitvarianter linearer Übertragungssysteme.* Shaker
4. ten Hompel M, Heidenblut V (2011) *Taschenlexikon Logistik – Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik,* 179, 3. Aufl. Springer, Berlin
5. ten Hompel M (2006) *Zellulare Fördertechnik.* *eLogistics Journal*