



EffizienzCluster
LogistikRuhr



Fraunhofer
IML

Mit Innovationen Zukunft gestalten
IKT.NRW
Cluster Informations- und Kommunikationstechnologie

CYBER PHYSICAL SYSTEMS IN DER LOGISTIK

**NORDRHEIN-WESTFALEN
AUF DEM WEG ZUM
DIGITALEN INDUSTRIELAND**

Exzellenz NRW
Cluster Nordrhein-Westfalen



IKT.NRW

SCHRIFTENREIHE

Die Studie "**Cyber Physical Systems in der Logistik**" erörtert die aktuellen Anforderungen der Logistik an Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die Potenziale von Cyber Physical Systems für die Logistikbranche in Nordrhein-Westfalen.

Autoren

Kirsten Verbeek, EffizienzCluster Management GmbH
Prof. Dr. Michael ten Hompel, Fraunhofer IML

Christiane Auffermann, Fraunhofer IML
Dr. Andreas Kamagaev, Fraunhofer IML
Andreas Nettsträter, Fraunhofer IML
Prof. Dr. Alex Vastag, Fraunhofer IML
Oliver Wolf, Fraunhofer IML

Kontakt

kirsten.verbeek@effizienzcluster.de
www.effizienzcluster.de
www.iml.fraunhofer.de

Hintergrund

Diese Analyse ist Teil der IKT.NRW Schriftenreihe "NRW auf dem Weg zum digitalen Industrieland". Die Beiträge der Schriftenreihe ergänzen die unter dem gleichnamigen Titel erschienene IKT.NRW Roadmap 2020 – entweder aus der Perspektive einer IKT-Basistechnologie oder einer der NRW-Schlüsselbranchen.

Herausgeber

Clustermanagement IKT.NRW
V. i. S. d. P. Monika Gatzke
c/o SiKoM – Institut für Systemforschung der Informations-,
Kommunikations- und Medientechnologie
Bergische Universität Wuppertal
Rainer-Gruenter-Str. 21
42119 Wuppertal
Wuppertal, November 2013

INHALT

01 AUSGANGSLAGE

| | |
|--|----------|
| Die Bedeutung des Internets der Dinge und Cyber-Physischer Systeme in der Logistik und für die Logistik | 4 |
| Die Zukunft der Logistik liegt im Internet der Dinge und in Cyber-Physischen Systemen | 8 |

02 HANDLUNGS- UND THEMENFELDER

| | |
|---|-----------|
| Die Logistik entwickelt mit IKT „smart logistics“ | 11 |
| Innovationskorridore für eine verstärkte Zusammenarbeit von Logistik und IKT | 14 |
| Handlungsfeld: CPS in der urbanen Versorgung | 14 |
| Handlungsfeld: CPS im Güterverkehr | 15 |
| Handlungsfeld: Wandelbare Logistiksysteme | 18 |
| Themenfeld Cloud Computing | 19 |

01 AUSGANGSLAGE DIE BEDEUTUNG DES INTERNETS DER DINGE UND CYBER-PHYSISCHER SYSTEME IN DER LOGISTIK UND FÜR DIE LOGISTIK

Die immense Bedeutung der Logistik für die deutsche Wirtschaft ist heute angesichts weiter zunehmender Internationalisierungstendenzen und immer komplexerer Produktions-, Markt- und Wettbewerbsstrukturen unbestritten. Die Logistik entwickelt sich dabei von einer rein transportierenden zu einer leistungsbestimmenden Instanz in den globalen Wertschöpfungsnetzwerken [1]. Das heißt: Die produzierende Wirtschaft folgt der Logistik – nicht wie in den zurückliegenden Jahrzehnten die Logistik der produzierenden Wirtschaft.

[1] Siehe dazu auch: EffizienzCluster LogistikRuhr (Hrsg.): 100 Innovationen für die Logistik von morgen, Dortmund/Mülheim, 2010

Vor diesem Hintergrund gehören das Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme für die Logistik grundsätzlich zu den Schlüsseln, um die notwendige Effizienz der Logistik in der individuellen Auftragsabwicklung im Rahmen globaler Wertschöpfungsnetzwerke und der Erfüllung wichtiger Aufgaben in der Ver- und Entsorgung von Haushalten, Handel und Produktionsstandorten zu erreichen [2].

> Gesellschaftliche Herausforderungen bewältigen

Die zentralen Herausforderungen der Gesellschaft des 21. Jahrhunderts sind ohne die Nutzung logistischer Kernkompetenzen nicht lösbar. Im EffizienzCluster Logistik Ruhr, initiiert vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, adressiert die Logistik drei zentrale Herausforderungen, die sich aus der Analyse der derzeit bestimmenden globalen Rahmenbedingungen in Wirtschaft und Gesellschaft ableiten lassen: den Umwelt- und Ressourcenschutz, die Versorgung urbaner Systeme und die Wahrung der Individualität. Es ist die Aufgabe der Logistik Produkte und Innovationen zu entwickeln, um die Gesellschaft auf die sich wandelnden Rahmenbedingungen vorzubereiten und individuelle Lebensstile zu ermöglichen.

> Logistische Herausforderungen bewältigen

Eine der größten Herausforderungen auf diesem Weg ist die wachsende Komplexität der Logistik im Hinblick auf Strukturkomplexität, Datenkomplexität, Produktkomplexität sowie Komplexität durch Vernetzung und eCommerce. Die Globalisierung hält ungebrochen an, der Vernetzungsgrad steigt exponentiell. Die logistische Datenmenge steigt je Dekade um den Faktor 1.000. Der Wunsch nach Individualität wächst mit ihren Möglichkeiten: Die „Losgröße Eins“ ist bereits Realität. Das überproportionale Wachstum der Komplexität wird in einem logistischen System, das (noch) nicht auf die heutigen rasant wechselnden Anforderungen ausgelegt ist, zu Instabilitäten führen. Je komplexer die Systeme werden, umso mehr muss die Logistik daher mit Dezentralisierung und Selbstorganisation reagieren.

[2] acatech: Menschen und Güter bewegen – Integrative Entwicklung von Mobilität und Logistik für mehr Lebensqualität und Wohlstand (acatech POSITION), Springer, Heidelberg u.a.

DIE LOGISTIK IN NRW ALS PROBLEMLÖSER

Das Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme spielen eine zentrale Rolle bei der Bewältigung sowohl gesellschaftlicher als auch logistischer Herausforderungen. Beides ist, dem modernen Selbstverständnis der Logistik folgend, ohnehin nicht mehr voneinander zu trennen.

Die Logistik und das Internet der Dinge. Die Logistik war es, die bereits vor mehr als einem Jahrzehnt die Vision des Internet der Dinge entwickelte und – unter dem Dach der Fraunhofer-Gesellschaft bzw. des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML – maßgeblich an der Verwirklichung dieser Vision beteiligt war und ist.



Vom eingebetteten System zum Internet der Dinge

AUS: AGENDA CPS, ACATECH STUDIE, MÄRZ 2012, S. 21

Die Logistik versteht unter dem Internet der Dinge – kurz gesagt – die Selbststeuerung der Dinge: Intelligente Geräte sollen denken lernen, Waren sollen ihren Weg zum Ziel selbst organisieren. Als die Logistik diese Vision seinerzeit formulierte, war kaum absehbar, dass das Prinzip Selbststeuerung zu einer fundamentalen Neuorientierung der Logistik und zu einer Revolution in der Wirtschaft führen würde.

Der Satz „Das 20. Jahrhundert mobilisierte den Menschen, das 21. Jahrhundert die Dinge“ [3] bringt diese Entwicklung auf den Punkt.

[3] Prof. Dr. Michael ten Hompel, u. a. anlässlich des Kongresses AUTONOMIK-Transfer, Berlin, Januar 2013

Die Logistik und die 4. Industrielle Revolution. Das Internet der Dinge ist zu einem Treiber für die 4. Industrielle Revolution geworden, die derzeit auch unter dem Schlagwort Zukunftsprojekt Industrie 4.0. in aller Munde ist.

Industrie 4.0, so Prof. Dr. Henning Kagermann, Präsident der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech, „ermöglicht die individuelle Fertigung der Losgröße 1 zu den Kosten eines Massenprodukts und die bedarfsorientierte Optimierung von Wertschöpfungsprozessen in Echtzeit. An die Stelle von passiven, vorgeplant betriebenen Produktionssystemen treten aktive, autonome, sich selbst organisierende Produktionseinheiten. Das intelligente Produkt unterstützt den Produktionsprozess aktiv. Die Produktion wird hochflexibel, hochproduktiv, ressourcenschonend und urban verträglich. Die Fabrik der Zukunft folgt dem Takt des Menschen.“ [4]

[4] Anlässlich der Übergabe des Berichts „Industrie 4.0“, Hannover, April 2013

Die Logistik und Cyber-Physische Systeme. Basis für die vierte industrielle Revolution sind Cyber-Physische Systeme: Informatrische Komponenten (Cyber) und mechanische bzw. elektronische und sensorische Komponenten (Physisch) verschmelzen miteinander zu einem intelligenten System, einem Cyber-Physischen System, kurz CPS.

CPS sind mehr als die einzelne Sensoranwendung oder das einzelne intelligente Assistenzsystem, das den Menschen bei der Ausübung spezifischer Tätigkeiten unterstützt (Embedded System). Sie stehen für die Vernetzung leistungsfähiger intelligenter eingebetteter Systeme, mobiler Dienste und weltweiter Datenquellen zu komplexen Gesamtsystemen. CPS nutzen das Internet als Business Web, also als Plattform für wirtschaftliche Kooperationen – mit dem Ziel, Mehrwert über neue Anwendungen, neue Dienstleistungen und Kooperationen auf der Ebene komplexer Systeme zu erzeugen.

DIE ZUKUNFT DER LOGISTIK LIEGT IM INTERNET DER DINGE UND IN CYBER-PHYSISCHEN SYSTEMEN

Die Logistik hat sich in den vergangenen Jahren zu einer Hochtechnologiebranche mit entsprechenden nationalen, aber vor allem auch internationalen Chancen für deutsche Anbieter, gerade auch für Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen, entwickelt. Mehr als 21.600 Logistik-Unternehmen mit 274.000 Beschäftigten erwirtschaften in NRW jährlich rund 70 Mrd. Euro. Inklusive der Logistikaufgaben in Handel und Industrie beschäftigt die Branche hier zu Lande rund 600.000 Menschen.

Die Logistik-Forschung in Nordrhein-Westfalen unterstützt die Branche durch anwendungsorientierte Projekte: Das in Dortmund ansässige Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML ist die erste Adresse für alle Fragestellungen zu ganzheitlicher Logistik und arbeitet auf allen Feldern der inner- und außerbetrieblichen Logistik. Das Internet der Dinge wird Fraunhofer-weit vom Fraunhofer IML gemanagt. Der EffizienzCluster LogistikRuhr ist der größte Forschungs- und Innovationscluster der Logistik in Europa. 160 Unternehmen und zwölf wissenschaftliche Einrichtungen sowie zahlreiche Umfeldakteure arbeiten im Spitzencluster in derzeit 30 Verbund- und sechs assoziierten Projekten an logistischen Lösungen für zukünftige Herausforderungen. Der Großteil der Projekte im EffizienzCluster ist IKT-getrieben.

> **Logistik braucht IKT**

Der Einsatz modernster Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) spielt in der Logistik eine wesentliche Rolle: Die Logistik von heute ist schon längst nicht mehr mit dem Taschenrechner zu bewältigen. Die Informations- und Kommunikationstechnologie ist zum Auslöser und Garant effizienter Lösungen und Prozesse geworden. Mit dem Internet der Dinge und Cyber-Physischen Systemen beginnt allerdings noch einmal eine neue Zeitrechnung in der Logistik:

- Das **Internet der Dinge** beruht als wesentlicher Ausdruck einer neuen Form der Steuerung und Organisation logistischer

Systeme auf einer individuellen, dezentralen und autonomen Entscheidungsfindung in einem **gemeinsamen Design von Logistik und IKT**.

- Mit **Cyber-Physischen Systemen** nimmt das Internet der Dinge Gestalt an. Zur Verbindung zwischen der virtuellen Welt der Daten und der physischen Welt der Güter bedarf es einer zunehmenden **Vereinigung von Logistik- und IKT-Kompetenzen bzw. Integration von IKT-Kompetenzen in die Logistik**.

> **Logistik nutzt IKT**

Die Logistik gehört zu den innovativsten und wichtigsten Anwendungs-branchen von IKT und ist damit Wegbereiter für die Informations- und Kommunikationstechnologien. Intelligente IKT-Lösungen ermöglichen der Logistik einen entscheidenden Effizienz- und Innovationssprung.

Mehr Effizienz. Gemeinsam mit IKT will die Logistik in NRW das Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme dazu nutzen, die Logistik effizienter zu machen. Der Einsatz von IKT im Hinblick auf das Internet der Dinge und CPS wird dabei stets unter folgenden Prämissen erfolgen:

- Der Einsatz von IKT soll signifikant zur Veränderung von Logistikprozessen und -strukturen beitragen.
- Der Einsatz von IKT soll zur Reduzierung von Logistikkosten beitragen.
- Der Einsatz von IKT soll die Gestaltungsmöglichkeiten von Logistikketten und Distributionsstrukturen erhöhen.
- Der Einsatz von IKT soll direkte und messbare positive Auswirkungen haben.
- Der Einsatz von IKT soll die Wettbewerbskraft des Logistikstandortes Deutschland und damit auch des Logistikstandorts NRW verbessern [5].

Mehr Innovation. 2011 hat Prof. Michael ten Hompel, Geschäftsführender Institutsleiter des Fraunhofer IML, das Ziel aufgestellt, dass Logistik-Unternehmen ein Prozent ihres Umsatzes in die interne und externe Forschung und Entwicklung investieren. Denn: Mit einem gesteigerten finanziellen Beitrag zur Forschung bauen Unternehmen nicht nur ihre Wettbewerbsvorteile und die

[5] Kurzfassung zum Forschungsprojekt „Auswirkungen von IuK-Technologien für Logistikprozesse und die Verkehrswirtschaft“ im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Fraunhofer Institut Materialfluss und Logistik (FhG IML), Dortmund, Deutscher Speditions- und Logistikverband (DSLVB), Juli 2006.

Leitanbieterschaft der Logistikbranche weiter aus, sondern leisten zugleich einen wichtigen Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Zukunftsfragen. Das Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme sind dazu geeignet, die Forschungsaktivitäten von Unternehmen in der Logistik – insbesondere auch im Verbund mit IKT-Unternehmen – zu beflügeln.

Mit dem Fraunhofer IML und dem EffizienzCluster LogistikRuhr stehen zwei Organisationen bzw. Institutionen zur Verfügung, in denen diese Forschungsaktivitäten den passenden Raum und den richtigen Stellenwert haben.

02 HANDLUNGS- UND THEMENFELDER DIE LOGISTIK ENTWICKELT MIT IKT „SMART LOGISTICS“

Mit dem Internet der Dinge entstehen zunehmend kleinteilig vernetzte Systeme einer „smart logistics“, die die effiziente und zuverlässige Organisation weltweiter Güterströme individueller Objekte und deren lokale Feinverteilung ermöglichen. Die Abkehr von zentral gesteuerten Prozessen und die Hinwendung zu dezentralisierten Strukturen mit darauf abgestimmten, ebenfalls dezentralisierten Abläufen befähigen die Logistik bzw. die Wirtschaft dazu, zunehmend größere und komplexere Systeme zu steuern.

ANSATZPUNKTE FÜR SMART LOGISTICS

Eine wesentliche Aufgabenstellung der Logistik ist es, die Funktionsfähigkeit global aufgestellter Produktions- und Logistik-Netzwerke (Supply Chains) sicherzustellen. Grundlage dafür ist die vollständige Transparenz sämtlicher **Materialflüsse** in der Supply Chain, die durch das Internet der Dinge und Cyber-Physische Systeme nunmehr in einer neuen Dimension gewährleistet werden kann. Eine solche Transparenz ermöglicht die Rückverfolgbarkeit von Produkten und Nachhaltigkeit für alle Teilnehmer einer Supply Chain – vom Rohstofflieferanten bis zum Konsumenten. Ein Beispiel dafür gibt das Forschungsprojekt **smart Resuable Transport Items**, kurz smaRTI, des EffizienzClusters, das bereits in der Konsumgüterindustrie auf dem Weg ist, den branchen- und unternehmensübergreifenden Daten- und Materialfluss zwischen Hersteller, Palettendienstleister und Handel durch den Einsatz intelligenter Ladungsträger zu revolutionieren.

Cyber-Physische Systeme spielen insbesondere auch eine wichtige Rolle in der Intralogistik: So hat das Fraunhofer IML gemeinsam mit der TU Dortmund den intelligenten Behälter **inBin** entwickelt, der in der Lage ist, einen kompletten Kommissioniervorgang selbsttätig zu leiten und zu kontrollieren. Das Forschungsprojekt **Zellulare Transportsysteme** im EffizienzCluster LogistikRuhr wird in einer eigens eingerichteten Forschungshalle für Zellulare Fördertechnik der Betrieb im Lager der Zukunft erprobt. Im wohl größten Versuch künstlicher Intelligenz in der Logistik bewegen sich 50 innovative autonome Transportfahrzeuge zwischen Regalen und Kommissionierstationen. Durch den Einsatz eines Multi-Agenten-Systems und mit Hilfe von Ameisenalgorithmen wird die „Schwarmintelligenz“ auf die Intralogistik übertragen.

Bezogen auf den **Individual- und den Wirtschaftsverkehr** ermöglichen es das Prinzip des Internet der Dinge sowie Cyber-Physische Systeme, alle Transportvorgänge mit begleitenden Informationen zu verbinden, so dass Steuerungsmöglichkeiten jederzeit erkennbar sind und effizient ausgeschöpft werden können. Die Systeme müssen mit neuen ressourcenschonenden Transporttechnologien, wie dem elektromobilen Verkehr im urbanen Raum, kombiniert werden, um Logistik und Mobilität effizienter zu gestalten. Weitere Ansatzpunkte in diesem Bereich sind die gemeinschaftliche Nutzung von Verkehrs- und Logistikinfrastrukturen (z. B. Umschlagflächen, Verteilverkehre,

Warenübergabesysteme) durch Unternehmen und Dienstleister sowie neue Lösungen für die „letzte-Meile“-Distribution und Warenübergabe. Ohne diese wird der weiter zunehmende Online-Handel insbesondere in Städten und dicht besiedelten Räumen nicht zu vertretbaren Umweltbelastungen realisierbar sein.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich eine Fülle neuer Lösungsideen, die den Unternehmen der Logistikbranche in Nordrhein-Westfalen Antrieb zu weiteren Forschungs- und Innovationsleistung sein können.

INNOVATIONSKORRIDORE FÜR EINE VERSTÄRKTE ZUSAMMENARBEIT VON LOGISTIK UND IKT

Ausgehend von den Leitthemen des EffizienzClusters, die als Innovationskorridore für die Logistik von morgen dienen, lassen sich drei konkrete Handlungsfelder definieren, in denen Cyber-Physische Systeme ihr Potenzial entwickeln können: urbane Versorgung, Güterverkehr und wandelbare Logistiksysteme.

HANDLUNGSFELD: CPS IN DER URBANEN VERSORGUNG

Urbane Systeme tragen zur Verbesserung menschlicher Lebensbedingungen bei, sind Wachstumsmotoren und Zentren der Produktivität, bergen jedoch zugleich soziale, ökonomische und ökologische Risiken. Hier kann die Optimierung der Logistik maßgeblichen Einfluss nehmen, kann IKT einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Logistik leisten.

➤ **Forschungsgebiet.** Die Grundidee für CPS in der urbanen Versorgung besteht in der Weiterentwicklung von Einzelbausteinen hin zu einem intelligenten urbanen Versorgungsnetzwerk. Im Ergebnis bedeutete dies, dass die jeweiligen Versorgungsdienstleister in einer Stadt eine gemeinsame logistische Infrastruktur nutzen. Über eine einfache und flexible Kooperation lässt sich jederzeit eine Bündelung von Warenströmen realisieren. Die Entwicklung kann so weit gehen, dass im Einzelfall zentrale Entscheidungen nicht mehr nötig sind. Bestimmte Versorgungsservices können vielmehr ad hoc im Sinne der höchsten Effizienz miteinander gekoppelt werden. Die Entscheidung dazu fällt autonom und dezentral.

Analog zum Smart Grid als intelligentes Stromnetz kann ein Smart Grid für die urbane Versorgung als eine Vernetzung und Steuerung von intelligenten Versorgungsanbietern, -nachfragern und -services in einer urbanen Infrastruktur verstanden werden.

Damit wird eine optimiert gebündelte Logistikleistung der verbundenen Partner im Netz für die urbane Versorgung ermöglicht. Ziel ist die Sicherstellung der Versorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs sowie die Konvergenz unterschiedlichster Versorgungsbedarfe für den Endkunden. Unter der konvergierten Versorgung wird die Verschmelzung alltäglicher Bedarfe (z.B. Lebensmittel, Pflege, Reinigung, ...) verstanden.

Die Idee des Smart Grid für die urbane Versorgung kann einen bedeutenden Beitrag zur Sicherstellung einer urbanen Versorgung liefern - auch unter verschärften Verkehrsrestriktionen (Staus, City-Maut, Einfahrtsverbote für Anlieferverkehre).

➤ **Forschungsbedarf.** In einer urbanen Region müssen für den Aufbau eines Smart Grid stark verteilte Strukturen zur Versorgung entwickelt und installiert werden, um eine Infrastruktur für ein Versorgungsnetz für urbane Gebiete zu schaffen, mit der alle Versorgungsfälle ad hoc und flexibel abgedeckt werden können. Dabei stellt die intelligente Einbindung individueller Nachfrager anhand mobiler Applikationen eine wesentliche Voraussetzung dar, um Bedarfszeitpunkte in real-time zu erfassen.

Zur Erreichung dieser Zielsetzung besteht Forschungsbedarf in der Entwicklung der Konzepte stringent nach den Prinzipien serviceorientierter Architekturen in der Logistik. Darüber hinaus muss den Anforderungen echtzeitfähiger Gestaltung von Logistikprozessen Rechnung getragen werden, um intelligente autonome Entscheidungen zu realisieren. Die Zusammenführung von Einzelanwendungen zu einem Smart Grid für die urbane Versorgung stellt weiteren Forschungs- und Experimentierbedarf dar.

HANDLUNGSFELD: CPS IM GÜTERVERKEHR

Die Nachfrage nach Güterverkehren steigt seit Jahren, die Transporte überlasten die heutigen Verkehrsinfrastrukturen. Mit einem intelligenten Güterverkehrsmanagement und innovativen Transportkonzepten leistet die Logistik jedoch einen entscheidenden Beitrag für eine nachhaltige Verbesserung der verkehrlichen Gesamtsituation. Insbesondere geht es darum,

bestehende Infrastrukturen effizienter zu nutzen – ob Verkehrswege oder logistische Anlagen. Im Fokus steht dabei die Entwicklung von unterstützenden Softwaresystemen, die Logistiker in die Lage versetzen, die richtigen Entscheidungen für einen sinnvollen Ressourceneinsatz zu treffen.

➤ **Forschungsgebiet.** Im Güterverkehr werden Transportmittel und Ladungsträger als CPS zu intelligenten Logistikobjekten. Diese helfen zukünftig im Minimalfall, Entscheidungen zur Planung und Steuerung einer Prozesskette besser vorzubereiten. Dies geschieht durch die automatische Erfassung sämtlicher logistikrelevanter Informationen und deren aufbereitete Weitergabe. Vielmehr ist aber zu erwarten, dass diese logistischen Objekte diese Informationen sowie diejenigen von gleichartigen Objekten nutzen werden, um selbstständig und lokal Entscheidungen treffen zu können. Im einfachen Fall sind dies Reaktionen auf Störungen, im komplexeren Fall werden Logistikketten dezentral und abhängig von gewünschten Zielgrößen weitergeplant.

Logistikobjekte erkennen also ihre Umgebung und ihre Lage und entwickeln daraus Verhaltensstrategien. Der Informationsaustausch erfolgt dezentral über gängige Nahbereichskommunikationsverfahren. Parallel bringen CPS Informationen auch in überlagerte, Cloud-basierte Strukturen ein. Umgebende Systeme – ihrerseits in Teilen auch wieder CPS – in Logistikanlagen wie Werksgeländen, Umschlagterminals, Häfen oder Güterverkehrszentren, können mit den Einheiten in Kontakt treten. Damit können sie einerseits die Abläufe dieser logistischen Objekte unterstützen und andererseits Informationen für die Verbesserung der Prozesse in der Logistikanlage gewinnen.

Darüber hinaus wird ein aktives Wechselspiel des Informationsaustauschs mit den nachgelagerten Verkehrssystemen und Infrastrukturen ermöglicht (Bereitstellung von Informationen über Transportströme, Verkehrslage etc.). Insbesondere in den Quell- und Zielgebieten der Sendungen können die vorhandenen Ressourcen zukünftig nur noch mit Hilfe kooperativer Strukturen und Kommunikation der logistischen Einheiten mit den sie umgebenden Systemen effizient genutzt werden. Begrenzte Räume (Verkehrs- und Umschlagsflächen) und Zeiten (Abhol- und Anlieferzeiten bei Industrie, Handel und

Endkunden) können so sinnvoll genutzt werden. Urbane Netze werden entlastet und in die logistischen Systeme integriert.

➤ **Forschungsbedarf.** Der Weg der selbstverständlichen Nutzung von CPS im Güterverkehr steht erst am Anfang. Technologien müssen weiterentwickelt und mit Blick auf die logistische Nutzung ausgestaltet werden. Zahlreiche Logistikunternehmen in NRW, wie z.B. die Häfen, allen voran der Hafen Duisburg, bedeutende Produzenten und Händler mit ihren Distributionszentren und Lagern oder Logistikdienstleister, die aufgrund ihrer starken wirtschaftlichen Entwicklung neue und effizientere Mittel zur Abwicklung ihrer Logistik in idealer Weise gebrauchen können. Die potenziellen Anwender müssen derartige Möglichkeiten sukzessive erproben und bewerten können, um dann großflächig Abläufe und Anlagen auf die durchgängige Nutzung von CPS umstellen zu können.

Interessant für die Praxis wäre hier z.B. ein Forschungsprojekt zur autonomen Zulaufsteuerung zwischen Logistikpark Westfalenhütte und Logistikterminal Hafen Dortmund (ggf. mit ähnlich gelagertem Parallelprojekt am Hafen Duisburg)

- Cyber-Komponente: Cloud-basierte Umgebung zur Zusammenführung der Daten der Beteiligten, Bereitstellung von logistikbezogenen Services (Buchung von Logistikleistungen, Partnersuche/Bündelung, Logistikkettengestaltung) und als Informationsrückgrat für die physischen Komponenten
- Physische Komponente: Intelligente Transportmittel und Ladungseinheiten zur dezentralen Organisation der vorgelagerten Prozesse (Beladung, Bündelung, Transportvorlauf)
- Cyber-Physisches System: automatisierte Gestaltung, Durchführung und Steuerung eines begrenzten Teilstücks einer Logistikkette

Im Zusammenhang mit CPS im Güterverkehr sind dabei grundsätzlich Fragestellungen in unterschiedlichen Bereichen zu lösen. Dazu gehören die Bewältigung großer Datenmengen (Big Data), die Gewährleistung von Datensicherheit (Security), die Standardisierung der zugrundeliegenden Technologien und Prozesse, die Integration menschlicher Beteiligter und die

Integration anderer Softwareelemente sowie Kosten- und Energieeffizienz.

HANDLUNGSFELD: WANDELBARE LOGISTIKSYSTEME

Veränderung ist seit jeher ein fester Bestandteil dieser Welt. Viele Bereiche unseres Lebens unterliegen in immer kürzeren Zyklen gravierenden Veränderungen – getrieben von zunehmender Komplexität und Beschleunigung. Es existiert kaum ein Bereich in Wirtschaft, Wissenschaft oder Gesellschaft, der von den Herausforderungen, die aus diesem Wandel erwachsen, nicht betroffen ist. Allen gemeinsam ist, dass die Logistik eine immer größere Rolle spielt. Sie hat sich in den letzten Jahren als Motor und Taktgeber für eine nachhaltige und effiziente Gestaltung in Wirtschaft und Gesellschaft erwiesen und ihre Wandelbarkeit ist der Schlüssel hierzu. Optimierungen in der Logistik basieren seit jeher auf neuen Technologien und Standards, die Voraussetzungen dafür schaffen bzw. neue Impulse geben, Prozesse effizienter zu organisieren. Liegt die Intelligenz der Steuerung logistischer Prozesse heute noch in zentralen Rechnern, zieht sie künftig in die Ladungsträger selbst ein. Einheitliche Basisstrukturen zur informatischen mobilen Vernetzung von Infrastruktur, Materialflusstechnik und Waren sind eine wesentliche Voraussetzung für die Wandlungsfähigkeit von Logistiksystemen.

➤ **Forschungsgebiet.** Ein bereits heute greifbarer Trend, der zukünftig den Wandel der Wertschöpfungssysteme massiv vorantreiben wird, ist die „Zellulare Logistik“. Auf der Zellularen Logistik basierende Logistiksysteme werden wandelbar, flexibel und bedarfsgerecht sein. Die dezentral organisierten Fahrzeugschwärme und Netzwerke passen sich wie ein lebender Organismus dem ständigen Wandel ihrer Umwelt an. Damit trägt die zellulare Logistik der langjährigen Forderung nach Flexibilität und Wandelbarkeit insbesondere in der Intralogistik Rechnung.

Um zellulare Logistiksysteme „zum Leben zu erwecken“, sind verschiedene Entwicklungen notwendig: Physische und informationstechnische Dienstleistungen müssen nach dem Prinzip Everything-as-a-Service bedarfsgerecht (on Demand) zu Verfügung stehen. Dadurch wird ermöglicht, Geschäftsbeziehungen bedarfsgerecht einzugehen, anzupassen und wieder zu lösen, ohne hohe Transaktionskosten in Kauf nehmen zu müssen. An dieser

Stelle ist es erforderlich wirtschaftlich tragfähige Lösungen z.B. für die Kontraktlogistik zu entwickeln, die trotz immer kürzer werdenden Vertragslaufzeiten, flexible Lösungen mit einem hohen Automatisierungsgrad mittels zellulärer Transportsysteme erreichen. Enabler dafür sind beispielsweise neuartige Sensorikkonzepte, die eine dreidimensionale Raumüberwachung ermöglichen sowie prädiktive Algorithmen, die eine effiziente Kollaboration unterschiedlicher Transportentitäten ermöglichen.

➤ **Forschungsbedarf.** Das Internet der Dinge und Dienste wird nur dann Realität, wenn wir die Maschinen zu eigenständiger Entscheidungsfindung und Kommunikation befähigen und zugleich menschengerechte, ergonomische Technologien schaffen. Die Logistik muss hierbei eine entscheidende, aktive Rolle übernehmen. Nur so kann der Weg zu einer „Enterprise Integration“ und eine zukunftsorientierte Weiterentwicklung des Wertschöpfungssystems erreicht werden. Nach der Mobilisierung der Menschen folgt in diesem Jahrhundert die Mobilisierung und die Zusammenarbeit von Dingen. Dazu müssen technologische Entwicklungen wie autonome, vernetzte Fahrzeuge sowie intelligente Ladungsträger kostengünstiger, robuster und effizienter werden. Umschlag hubs müssen in der Lage sein schnell und einfach aufgebaut, in Betrieb genommen, erweitert und auch abgebaut werden können. Dafür müssen alle einzelnen logistischen Systeme über standardisierte Schnittstellen (Software und Hardware) verfügen und wandelbar sein.

THEMENFELD: CLOUD COMPUTING

Cloud Computing – also die Virtualisierung von Hard- und Software – wird in der Logistik weit mehr bewegen als das Outsourcing von IT-Dienstleistungen. Es wird sich die Art und Weise ändern, unsere Systeme zu steuern und zu organisieren.

➤ **Forschungsgebiet.** Die Vorteile von Cloud Computing liegen auf der Hand: Gegenüber konventionellen Systemen lassen sich durch den Verzicht auf eigene Soft- und Hardware-Ressourcen und die Auslagerung zu einem spezialisierten Anbieter Kosten einsparen. Dank der hohen Flexibilität der variabel skalierbaren Cloud kann die benötigte Rechenleistung auch bei Belastungsspitzen hinreichend zur Verfügung gestellt werden. Gerade im Bereich der Logistik,

wo alle Systeme kontinuierlich maximale Leistung bieten müssen, obwohl aufgrund der schwankenden Auslastung oft nur Bruchteile davon tatsächlich benötigt werden, zeichnen sich große Einsparungspotenziale ab. Auch ließe sich die Performance deutlich steigern, sollte die benötigte IT von einem Fachunternehmen gestellt werden.

➤ **Forschungsbedarf.** Cloud Computing ist dabei eine wesentliche Grundlage für den Einsatz Cyber-Physischer Systeme. Forschungsbedarf besteht in den Anwenderbereichen Produktion, Logistik und Handel. Vor dem breiten Einsatz in der Praxis von Cloud Computing müssen verschiedene Herausforderungen gelöst werden. Die Herausforderungen lassen sich schwerpunktmäßig in den Bereichen

- Standardisierung und Modellierung sowie
 - Informationssicherheit und Datenschutz
- zusammenfassen. Dies beschreibt direkt den konkreten Forschungsbedarf.

Auf Basis von öffentlichen und privaten Marktplätzen, sogenannten Public und Private Malls, werden IT-Dienste dem Benutzer angeboten und nutzbar gemacht. Eine Standardisierung der Dienste, der Kommunikationsobjekte und den Methoden zur Modellierung ermöglicht den freien Austausch und den Wettbewerb verschiedener Anbieter der Marktplätze. Weiterhin müssen neue Verfahren für die IT-Sicherheit in Verbindung mit den angebotenen logistischen Diensten entwickelt werden. Zusätzlich sind Datenschutzaspekte gerade in verteilten Supply Chains, die über die Unternehmensgrenzen hinausgehen, sehr relevant.

Der Fraunhofer-Innovationscluster „Cloud Computing für Logistik – Logistics Mall“ hat bereits Konzepte und eine kommerziell eingesetzte Plattform für Cloud-basierte Marktplätze entwickelt und der Industrie zugänglich gemacht. Die Logistics Mall ist eine Entwicklung der beiden Fraunhofer-Institute IML und ISST und bildet die Basis für zahlreiche Projekte des EffizienzCluster LogistikRuhr als der zentrale Handels- und Realisierungsplatz für Logistik-Software und Logistik-Dienstleistungen im Internet. Diese Lösung „made in NRW“ steht für eine neue Dimension von Flexibilität und Effizienz in der Logistik, die international Maßstäbe setzt. Experten sprechen von einer Revolution in der Logistik-IT.

Aufbauend auf diesen Arbeiten sollte die Standardisierung und Modellierung weitergeführt sowie ein Fokus auf die Erhöhung der Sicherheit gelegt werden.

ÜBER IKT.NRW

IKT.NRW vernetzt die Akteure der nordrhein-westfälischen IKT-Branche:

Wirtschaft, Wissenschaft und Politik treiben gemeinsam die Weiterentwicklung des IKT-Marktes in Nordrhein-Westfalen voran. Ziel von IKT.NRW ist es, die Stärken der Branche, Synergiepotenziale und zukunftssträchtige Entwicklungen frühzeitig zu identifizieren und Innovationsprozesse aktiv zu fördern. Darüber hinaus wird die öffentliche Wahrnehmung für den IKT-Standort NRW geschärft.

Das Clustermanagement IKT.NRW führt beispielsweise Kooperations- und Netzwerk-Veranstaltungen durch, unterstützt Unternehmen bei Messe-Teilnahmen und Unternehmerreisen und veröffentlicht regelmäßig Branchen- und Trendreports. Offene Innovationsprozesse sind ein wichtiger Bestandteil im Selbstverständnis von IKT.NRW. Ideen und Kooperationsanfragen sind deshalb immer willkommen.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ziel2.NRW
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung