

## **Modularisierung und Dezentralisierung in der Intralogistik**

### *Auf dem Weg zur zellularen Fördertechnik*

Willibald A. Günthner, Peter Tenerowicz, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,  
Technische Universität München

#### **Autoren**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner leitet den Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) an der Technischen Universität München.

Dipl.-Ing. Peter Tenerowicz arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München.

#### **Kontakt**

Technische Universität München  
fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik  
Boltzmannstraße 15  
85748 Garching  
Tel.: 089 / 289-15915  
E-Mail: tenerowicz@fml.mw.tum.de  
URL: <http://www.fml.mw.tum.de>

**Systeme des innerbetrieblichen Materialflusses müssen immer höheren Anforderungen gerecht werden: eine steigende Variantenvielfalt sowie kürzer werdende Innovations- und Produktlebenszyklen führen zu schwer prognostizierbaren Auftragslasten und -strukturen. Die auftragsbezogene Produktion gewinnt immer mehr an Bedeutung. Vor diesem Hintergrund müssen Materialflusssysteme dynamisch anpassbar sein und dabei möglichst geringe Kosten verursachen. Ansätze zur Modularisierung und Dezentralisierung sowohl im Bereich der Steuerungssoftware als auch bei der Gestaltung der Fördertechnik versprechen große Potenziale bezüglich Flexibilität, Robustheit und Wiederverwendbarkeit. Technologische Entwicklungen in den Bereichen Sensorik, Datenverarbeitung/-speicherung, Kommunikation, Ortung und Identifikation unterstützen diesen Trend und ermöglichen neue, innovative Lösungen für Transportaufgaben in logistischen Systemen – bis hin zum Fördertechnikschwarm.**

Der Kunde ist heute über mobile Endgeräte wie Notebooks oder Smartphones in der Lage, zu jedem Zeitpunkt und (beinahe) von jedem Ort aus Waren zu bestellen und auf diese Weise logistische Prozesse anzustoßen. Das Internet als bequemer und leistungsfähiger Vertriebskanal für Güter aller Art fördert gleichzeitig unentwegt verschiedenste Produktrends, sowohl durch gezielt gestreute Werbung seitens der Unternehmen als auch durch den Austausch unter den Internetbenutzern in Foren und Online-Communities. Der Trend zur Produktindividualisierung wird also sowohl von den Unternehmen, für die sich durch das Angebot individualisierter Produkte eine Chance zur Differenzierung bietet, als auch von den Kunden, die verstärkt individualisierte Produkte nachfragen, getrieben. Folge ist eine steigende Volatilität entlang der gesamten Supply Chain. So lassen sich im Bereich der Konsumgüter kaum mehr aussagekräftige Nachfrageprognosen treffen, was die Bestands- und Produktionsplanung erschwert.

In diesem veränderten Umfeld, geprägt von schwankenden Auftragseingängen und wachsenden Artikelzahlen in Distributionsnetzen, steht auch der Status Quo in der Intralogistik auf dem Prüfstand. Materialflusssysteme in Logistikzentren und Produktionsstätten sehen sich einem Anstieg von Komplexität und Dynamik gegenüber, dem monolithische Steuerungsarchitekturen und starre Fördertechniksysteme nur unzureichend begegnen können. Von Seiten der Wissenschaft wird daher verstärkt nach dezentralen, modularen und adaptiven Lösungen für die Steuerung von Waren- und Informationsflüssen gesucht [1-4]. Auch die Industrie bietet mittlerweile vereinzelt fördertechnische Anlagen an, die mit geringem Aufwand modular erweiterbar sind und auch teilweise dezentrale Steuerungskonzepte umsetzen (z.B. BEUMER autover<sup>®</sup>, Kiva Mobile Fulfillment System, Dematic Multishuttle<sup>®</sup>, Lanfer THINGtelligence<sup>®</sup>, Swisslog AutoStore).

## **Wandelbare Materialflusssysteme als Forschungsschwerpunkt**

Am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München stellt die Erarbeitung von Konzepten zur Dezentralisierung und Modularisierung von Materialflusssystemen ebenfalls einen Forschungsschwerpunkt dar. Im Fokus steht dabei eine Erhöhung der Wandelbarkeit in ihren Ausprägungen Layoutflexibilität, Fördergutflexibilität, Durchsatzflexibilität und Prozessflexibilität [5]. So entwickelte der Lehrstuhl im BMBF-Verbundprojekt „MATVAR“ Materialflusssysteme für variable Fertigungssegmente im dynamischen Produktionsumfeld [6]. Die Arbeit in diesem Themengebiet wurde im Rahmen des Teilprojekts „Wandelbare Logistikstrukturen in Minifabriken“ im Sonderforschungsbereich SFB 582 „Marktnahe Produktion individualisierter Produkte“ fortgesetzt. Im Fokus standen dabei der Aufbau und die Gestaltung wandelbarer Logistikstrukturen mit spezieller Ausrichtung auf die Anforderungen einer kundenindividuellen Produktion [7]. Hierzu wurde eine Systematik zur funktionsorientierten Modularisierung entwickelt, die es erlaubt, ein Materialflusssystem in mechatronische Einheiten mit einer standardisierten Funktions- und Schnittstellenbeschreibung zu gliedern. Die entwickelten Konzepte zur Modularisierung und dezentralen Automatisierung wurden in der lehrstuhleigenen Versuchsanlage am Beispiel autonomer Elektrohängebahnweichen, -katzen und -krane erfolgreich umgesetzt und in der Folge weiter vertieft - u.a. im Rahmen des Forschungsprojekts „Modulare Materialflusssysteme für wandelbare Fabrikstrukturen“ [8].

## **Das Internet der Dinge in der Intralogistik**

Aufbauend auf diesen Vorarbeiten erfolgte im BMBF-Forschungsverbund „Internet der Dinge“ (IdD) die Entwicklung und Umsetzung einer dezentralen Materialflussteuerung. Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) und Firmenpartnern wurde das neuartige Steuerungskonzept in mehreren Demonstrationsfeldern umgesetzt. Der Lehrstuhl fml entwickelte im Rahmen dieses Projektes Methoden zur Steuerung und Koordination autonomer (Fördertechnik-)Module und Transporteinheiten (TE) [5, 9]. Grundgedanke des dezentralen Steuerungskonzeptes ist es, dem zu transportierenden Gut die steuernde Rolle im Materialflusssystem zuzuweisen. Um seine Ziel zu erreichen, nutzt es die Transportdienste der Module sowie unterstützend zusätzliche Softwaredienste. Die drei Grundeinheiten des IdD sind somit

- Transporteinheiten (TE), die ihre Zielerreichung selbstständig verwalten,
- Module, die ihre (Transport-)Funktion bereitstellen, sowie
- Softwaredienste, die die Koordination zwischen TEs und Modulen unterstützen (z.B. Verzeichnisdienste) oder für Systemtransparenz sorgen (z.B. Visualisierungsdienst).

Für die Kommunikation zwischen diesen Grundeinheiten wurde auf Multiagentensysteme zurückgegriffen, wie sie in verteilten IT-Systemen Einsatz finden. Jedem Modul, jeder TE und jedem Dienst ist ein Softwareagent zugeordnet, der einen gezielten Datenaustausch unterstützt. Bild 1 zeigt, wie sich das Steuerungsprinzip im IdD von der herkömmlichen, hierarchischen Materialflusssteuerung unterscheidet. Funktionen, die bisher auf verschiedenen Hierarchiestufen der Steuerungspyramide angesiedelt waren, werden auf Module und TEs verteilt.

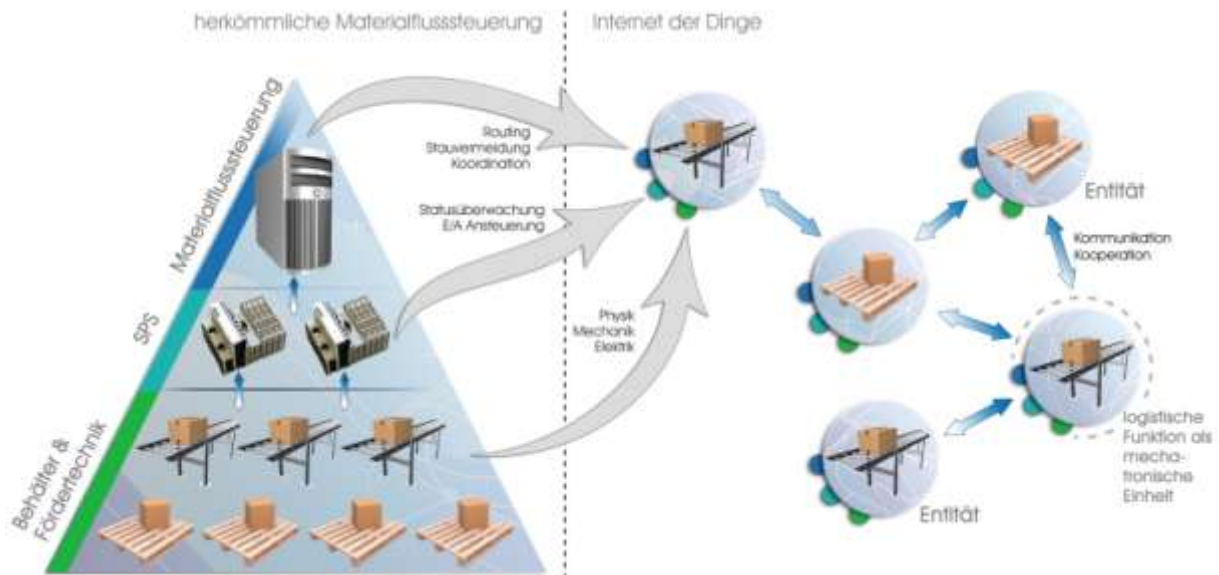


Bild 1: Dezentralisierung im IdD: autonome, kooperierende Einheiten bilden ein hierarchieloses Materialflusssystem

## Trennung von Geschäftslogik und Materialflusssteuerung

Bei der Funktionsverteilung auf Module und TEs gilt es, die folgende Problemstellung zu berücksichtigen:

Das Konzept des IdD zielt darauf ab, Abläufe in Materialflusssystemen mit einem Baukasten funktionaler, beliebig kombinierbarer und wiederverwendbarer Standardbausteine umzusetzen. Die Abläufe selbst sollen frei konfigurierbar bleiben und sind daher nicht standardisierbar. Diesem Gegensatz zwischen nicht standardisierbaren Abläufen und fördertechnischen Standardfunktionen wurde durch eine Trennung von *Geschäftslogik* (Was muss getan werden?) und *Materialflusssteuerung/-strategien* (Wie wird es getan?) Rechnung getragen.

Die *Geschäftslogik* wird im IdD von den TE-Agenten verwaltet. Zur Modellierung der Geschäftslogik bietet sich der Einsatz von High-level Petri-Netzen (ISO/IEC 15909-1) an, da für diese graphische Modellierungssprache derzeit ein auf XML beruhendes Transferformat entwickelt wird. Diese auch PNML (Petri Net Markup Language) genannte Beschreibungssprache bietet in Kombination mit einem Tool zum Simulieren von Petri-Netzen (z.B. Petri Net Kernel) die Möglichkeit, modellierte Workflows als XML-Datei zur Laufzeit in den Softwareagenten der TE zu laden und schrittweise zu durchlaufen.

Im Gegensatz zur Geschäftslogik wird die Logik der *Materialflusssteuerung* auf die (Fördertechnik-)Module verteilt. Durch die Algorithmen der einzelnen Module bzw. durch deren dezentrale Koordination und Kooperation ergeben sich Transportrouten. Ein Transportvorgang ergibt sich somit dynamisch während des Betriebs. Durch die Gestaltung der Algorithmen können verschiedene Materialflussstrategien realisiert werden.

Zum besseren Verständnis soll dieses Prinzip der Trennung zwischen Geschäftslogik und Materialflusssteuerung an einem Beispiel aus dem Bereich der Flughafenlogistik veranschaulicht werden. Die Gepäckabfertigung folgt dort einer vorgegebenen Geschäftslogik, deren Modellierung Bild 2 zeigt:

- *Durchleuchten 1*: Nachdem ein Gepäckstück (TE) aufgegeben wurde und das System betritt, wird es in einem ersten Schritt aus Sicherheitsgründen durchleuchtet.
- *Durchleuchten 2*: Koffer mit identifiziertem Sicherheitsrisiko werden in einem zweiten Scanner mit höherer Auflösung nochmals untersucht.
- *Ausschleusen*: Ein zum wiederholten Male als unsicher eingestuftes Koffer wird aus dem System ausgeschleust.
- *Verladen*: In der ersten oder zweiten Stufe als sicher erkannte Koffer werden, sobald ihr Flug für die Gepäckverladung geöffnet wurde, direkt zum Gate gefördert und verladen.
- *EBS für Flug/für Zeitscheibe*: Ist der Flug beim Passieren des Sicherheitsscanners noch nicht offen, ist eine Zwischenlagerung in einem Frühgepäckspeicher (Early Baggage Store, EBS) notwendig. Dabei wird zwischen EBS-Bahnen, die für einen bestimmten Flug reservierbar sind, und EBS-Bahnen, die für beliebige Flüge innerhalb einer bestimmten Zeitscheibe vorgesehen sind, unterschieden. Beim Öffnen des Fluges muss der Koffer die EBS-Bahn verlassen und sich zum richtigen Gate fördern lassen.

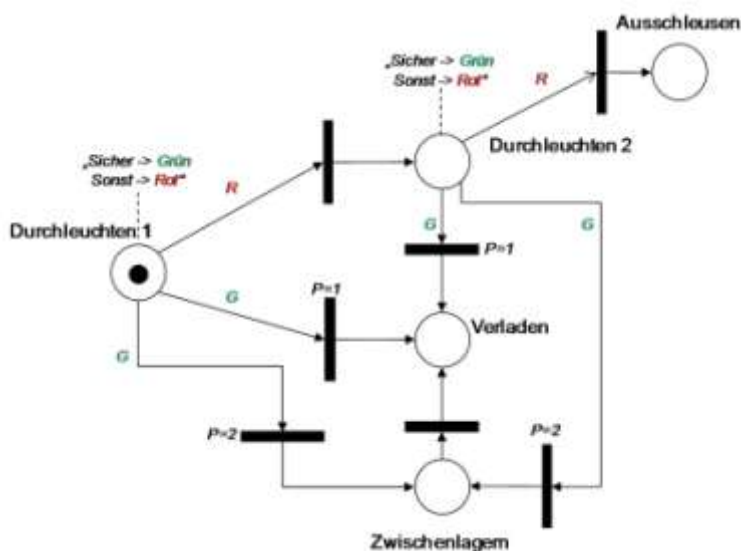


Bild 2: Beispielhafter Workflow als High-level Petri-Netz

Diese Geschäftslogik ist auf der TE (Koffer) hinterlegt bzw. an diese gekoppelt. Der TE-Agent arbeitet die Workflow-Schritte sukzessive ab und fragt dafür Funktionen bei Modulen und (Software-)Diensten an.

In Bild 3 ist exemplarisch das Zusammenspiel zwischen TE, Modul und Diensten in Form eines UML-Sequenzdiagramms dargestellt. Durch dieses Zusammenspiel wird der Materialfluss gesteuert. Besondere Bedeutung ist der hier in Schritt 5 angesiedelten Kostenfunktion beizumessen, auf deren Basis das Modul sein Transportangebot abgibt. Im einfachsten Fall kann dabei eine Abschätzung der Entfernung – und damit der Fahrzeit – vom Modul zur zu transportierenden Einheit als Angebot genutzt werden. Darüber hinaus können aber auch Faktoren wie die Auslastung des Moduls, Streckenbelegungen/-reservierungen oder auch vom Modul gemachte Erfahrungswerte (z.B. aufgezeichnete Statistiken über Fahrzeiten) in die Berechnung einfließen. Durch die Gestaltung der Kostenfunktionen der Module können somit Materialflussstrategien festgelegt werden.

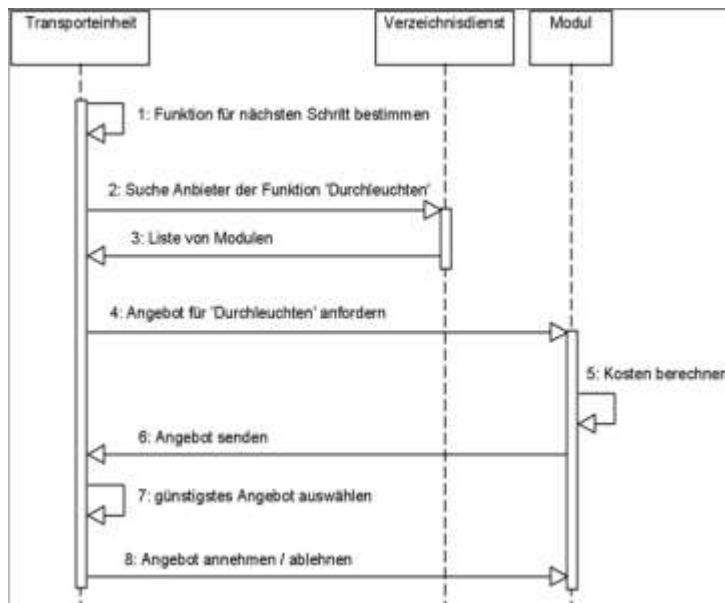


Bild 3: Beispielhafter Steuerungsablauf einer TE

Die vorgestellte Verteilung von Geschäftslogik und Materialflusssteuerung auf TEs und Module ermöglicht es einerseits, dem Einsatzfeld angepasste Abläufe zu modellieren, andererseits wird die Darstellung von (komplexen) logistischen Funktionen durch das Zusammenwirken von Standardmodulen ohne zentrale Koordination ermöglicht.

## Materialflusssysteme auf Basis zellulärer Fördertechnik

Das vorgestellte Steuerungsparadigma des IdD führt modulare und flexible dezentrale Steuerungssysteme auf Basis von RFID-Technologie und Softwareagenten ein. Um neben der Materialflusssteuerung auch die Fördertechnikmodule wandlungsfähig zu gestalten, sollen zukünftig starre, ortsfeste Fördersysteme durch mobile Einheiten ersetzt werden, die autonom oder kooperativ logistische Aufgaben erfüllen können [10]. Am Lehrstuhl fml wurde in diesem Zusammenhang zunächst unter dem Begriff „ $\mu$ Carrier“ bzw. „microCarrier“ nach geeigneten Konzepten für Schwarmfahrzeuge gesucht. Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik prägte im Bezug auf Kollektive aus standardisierten, autonomen Kleinfahrzeugen den Begriff einer „zellulären Fördertechnik“ [11]. Der Begriff umfasst zunächst jedwede Ausprägung von Fördertechnikmodulen, also auch ortsfeste Einheiten, sofern sich diese nach dem Plug-and-Play-Prinzip selbstständig zu einem Materialflusssystem zusammenschließen können und somit ein „organisches“ Wachstum ermöglichen. Um jedoch sämtliche Potenziale, die der Idee zellulärer Fördersysteme innewohnen, zu heben, sollten die Fördertechnikmodule selbst möglichst flexibel gestaltet werden.

Dies beginnt bei der Ausstattung der Module mit autonomer Mobilität. Daher wird der Begriff „zellulare Fördertechnik“ im Folgenden stets in der Ausprägung eines Fahrzeugkollektivs verwendet. In dieser Ausprägung ergeben sich die angesprochenen organischen Eigenschaften durch das Hinzufügen bzw. Entfernen von Fahrzeugen. Das Fördersystem wird dadurch stark skalierbar. Als Reaktion auf Spitzenlasten können zusätzliche Fahrzeuge eingesetzt werden, für Wartungsarbeiten können einzelne Fahrzeuge ausgeschleust bzw. ausgetauscht werden, ohne das Gesamtsystem (stark) zu beeinflussen.

Eine wichtige Anforderung an das Fahrzeugkollektiv ist das Erreichen von Emergenz, d.h. eine ressourcenschonende Zielerfüllung auf der Makroebene des Materialflusssystems. Dieser Effekt soll, wie im Projekt „Internet der Dinge“ propagiert, durch die Interaktion intelligenter logistischer Objekte und einer serviceorientierten Umgebung erreicht werden. Zellulare Transportsysteme verfügen über eine dynamische Topologie, die durch

Nachbarschaftsbeziehungen fördertechnischer Entitäten entsteht. Ein zellulares Transportsystem ist damit komplett layout-/topologieflexibel, d.h. innerhalb der Systemgrenzen ist die Anordnung der Fahrzeuge jederzeit veränderbar. Eine Topologie legt mögliche Routen zwischen Quellen und Senken fest. Im Idealfall ist diese Route eine Gerade. Dieser Idealfall wird bei herkömmlicher, fest installierter Fördertechnik nur selten erreicht, kann von den frei verfahrbaren Fahrzeugen einer zellularen Fördertechnik hingegen gut approximiert werden.

Dem Paradigma des IdD folgend, d.h. eine gewisse Intelligenz seitens der zu transportierenden Güter („Smart Objects“) voraussetzend, ergibt sich folgende Vision: Intelligente logistische Objekte können sich selbstbestimmt innerhalb eines vorgegebenen physischen Raums bewegen. Innerhalb dieses Raumes steht den Transporteinheiten ein Dienste-Set (Transportdienste, Softwaredienste) zur Verfügung. Die Objekte bzw. durch sie instanziierte Agenten nutzen diese Dienste, um den vorgegeben und von ihnen verwalteten Workflow abzuarbeiten. So fordern sie benötigte (Transport-)Dienste an und führen im Falle mehrerer Anbieter Verhandlungen/Auktionen durch, um den optimalen Service zu erhalten. Vor dem Hintergrund dieser Vision werden derzeit im Rahmen des IGF-Projekts „Algorithmen und Kommunikationssysteme für die Zellulare Fördertechnik“ einerseits Algorithmen für derartige kooperierende Fahrzeugkollektive entwickelt und in einer Simulationsumgebung auf ihre Praxistauglichkeit hin getestet werden. Außerdem gilt es, durch die Definition und Implementierung einer Kommunikationsplattform zum sicheren und schnellen Informationsaustausch die Koordination und Kooperation zwischen den beteiligten Einheiten zu ermöglichen.

In diesem Zusammenhang soll der Einsatz so genannter Blackboard-Systeme [12], die bereits für die Kommunikation im IdD-Projekt genutzt wurden, weitergeführt werden. Dieser aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) und des verteilten Problemlösens stammende Ansatz wurde im Bereich der Industrie beispielsweise für die Fahrzeugeinsatzplanung im Straßengüterverkehr [13] oder die Produktionsplanung [14] verwendet. Die Entkopplung von Sender und Empfänger führt zu einer Verringerung der Systemkomplexität, denn jeder Kommunikationspartner ist für seine eigene Aufgabe und die Beschaffung bzw. Veröffentlichung relevanter Daten selbst zuständig. Als größte Nachteile klassischer Blackboardsysteme gelten die hohe Kommunikationslast an einem Punkt sowie die single-point-of-failure-Problematik [15].

Im Rahmen des IGF-Projekts werden diese Probleme durch den Einsatz mehrerer, verteilter Blackboards behoben. Die verteilten Blackboards sind jeweils nur für einen räumlichen oder funktionalen Teilbereich eines größeren Systems zuständig, sodass die Anzahl der Kommunikationspartner überschaubar bleibt. Zusätzlich sind die Blackboards redundant angelegt. Dabei werden zusätzlich Funktionen zur Synchronisation der Informationsknotenpunkte entwickelt, die eine systemweite Datenkonsistenz garantieren. Für den Datenaustausch zwischen den Fahrzeugen bzw. zwischen Fahrzeugen und Blackboards werden Standards der drahtlosen Kommunikation (z.B. WLAN, Bluetooth, ZigBee) auf ihre Eignung hin untersucht, die anfallenden Daten rechtzeitig und sicher in einem industriellen Umfeld zu übermitteln.

## **Fazit und Ausblick**

Die Konzepte des IdD und der zellularen Fördertechnik sind mögliche Antworten auf die Herausforderungen der modernen Intralogistik. Das intelligente, bedarfsorientierte Zusammenspiel autonomer Einheiten ersetzt zentral gesteuerte und unflexible Prozesse. Eine verringerte Systemkomplexität sowie höhere Robustheit, Wandelbarkeit und Erweiterbarkeit sind die Folge. Der Beweis, dass sich Materialflusssysteme der Intralogistik nach Funktionen modularisieren und dezentral steuern lassen, wurde im Projekt „Internet der Dinge“ erbracht.

Einem flächendeckenden Einsatz stehen heute allerdings noch einige Herausforderungen gegenüber. So gilt es, die Leistungsfähigkeit dezentraler Materialflusssteuerungssysteme messbar zu machen. Hierzu sind erste Ansätze vorhanden [16]. Zudem besteht weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich Bedienbarkeit und Transparenz agentenbasierter Materialflusssysteme für den Bediener. Und schließlich fordern die Anwender Standards beispielsweise für Datenschnittstellen oder die Topologieverwaltung im IdD. Themen, denen sich auf EU-Ebene zukünftig ein Cluster of European Research Projects on the Internet of Things (CERP-IoT) widmen möchte.

## Literatur

- [1] ten Hompel, M.; Sondhof, U.; Libert, S.: Vorzüge dezentraler autonomer Steuerungssysteme. In: f+h 54 (2004) 11, S. 640-641.
- [2] Hülsmann, M.; Windt, K.: Understanding Autonomous Cooperation and Control in Logistics - The Impact of Autonomy, Management, Information, Communication and Material Flow. Berlin Heidelberg 2007.
- [3] Furmans, K.; Mayer, S.: Vollständig dezentraler und autonomer Flexförderer – Neun Module im Versuchsbetrieb. In: Hebezeuge Fördermittel 49 (2009) 6, S. 308-309.
- [4] Overmeyer, L.; Ventz, K.; Falkenberg, S.; Krühn, T.: Interfaced multidirectional small scaled modules for interlogistics operations. In: Logistics Research 2 (2010) 2, S. 123-133.
- [5] Chisu, R.: Kommunikations- und Steuerungsstrategien für das Internet der Dinge. Dissertation, Lehrstuhl fml, Technische Universität München. Garching 2010.
- [6] Günthner, W. A.; Reinhart, G. (Hrsg.): Abschlussbericht MATVAR - Materialflusssysteme für variable Fertigungssegmente im dynamischen Produktionsumfeld. München 2000.
- [7] Günthner, W. A.; Wilke, M.: M2 - Wandelbare Logistikstrukturen in Minifabriken. Arbeits- und Ergebnisbericht des Sonderforschungsbereichs 582: "Marktnahe Produktion individualisierter Produkte". München 2004, S. 299-333.
- [8] Günthner, W. A.; Heinecker, M.; Wilke, M.: Abschlussbericht AiF-FV-Nr. 14021 N „Modulare Materialflusssysteme für wandelbare Fabrikstrukturen“. Lehrstuhl fml, Technische Universität München. URL: [http://logistics.de/downloads/00/d9/i\\_file\\_44936/Abschlussbericht\\_14021\\_Modulare\\_Materialflusssysteme.pdf](http://logistics.de/downloads/00/d9/i_file_44936/Abschlussbericht_14021_Modulare_Materialflusssysteme.pdf) , Abrufdatum 7.12.2010.
- [9] Kuzmany, F.: Konzeption und Entwicklung von Modulen für das Internet der Dinge. Dissertation, Lehrstuhl fml, Technische Universität München. Garching 2010.
- [10] Wehking, K.-H.; Vorwerk, C.: Zukünftig Stückgutförderung mit Fahrzeugschwarm. In: Hebezeuge Fördermittel 48 (2008) 5, S. 242-245.
- [11] ten Hompel, M.: Zellulare Fördertechnik. In: Logistics Journal. 2006.
- [12] Corkill, D.: Blackboard Systems. In: AI Expert, 6 (1991) 9, S. 40-47.
- [13] Gomber, P.; Schmidt, C.; Weinhardt, C.: Elektronische Märkte für die dezentrale Transportplanung. Karlsruhe 1996.

- [14] Mönch, L.: Analyse und Design für ein agentenbasiertes System zur Steuerung von Produktionsprozessen in der Halbleiterindustrie. In: Tagungsband vertIS 2001. Bamberg 2001, S. 99-112.
- [15] Gerber, A.: Flexible Kooperation zwischen Autonomen Agenten in Dynamischen Umgebungen. Dissertation, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät I, Technische Universität des Saarlandes. Saarbrücken 2004, S. 9.
- [16] Mayer, T. R.; Libert, S.; ten Hompel, M.: Ein Beitrag zur Bewertung der Leistung dezentraler Materialflusssteuerungssysteme am Beispiel eines Steuerungsprototyps. In: Logistics Journal. 2010.

*Schlüsselwörter:*

Autonome Mobilität, Internet der Dinge, verteilte Materialflusssteuerung, Multiagentensysteme

*Dieser Beitrag entstand im Rahmen des IGF-Vorhabens 16166 N/2 „Algorithmen und Kommunikationssysteme für die Zellulare Fördertechnik“ der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e.V. - BVL, Schlachte 31, 28195 Bremen, das über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wird.*

**Self-control in intralogistics – From the internet of things to cellular conveyor systems**

Today's systems of internal material flow must cope with high demands: an increasing variety and shorter innovation and product life cycles lead to difficulties in predicting order loads and structures. The order-based production is becoming increasingly important. Against this background, material handling systems have to be dynamically adjustable and thereby cause the lowest possible cost. Approaches of modularization and decentralization both in the field of control software and in the design of conveyor systems promise great potential in terms of flexibility, robustness and reusability. Technological developments in the areas of sensors, data processing and storage, communication, locating and identification support this trend and enable new, innovative solutions for transportation tasks in logistic systems - including swarm-like conveyor systems.

*Keywords:*

Autonomous mobility, internet of things, distributed material flow control, multiagent systems