

Vom Prozess zum Ereignis - ein neuer Denkansatz in der Logistik

PROF. DR.-ING. DIPL.-WI.-ING. W.A. GÜNTNER DIPL.-ING. R. KRAUL DIPL.-ING. P. TENEROWICZ DIPL.-INF.
R. CHISU DIPL.-ING. F. KUZMANY

Die Globalisierung hat den Endkunden erreicht. Immer mehr Einzelbestellungen werden über Landes- und Kontinentgrenzen transportiert. Doch die schwierige Prognostizierbarkeit des Bestellungseingangs durch starke Nachfrageschwankungen stellen sowohl die Produzenten als auch die Logistik vor neue Herausforderungen. Gerade diese muss sich diesen Gegebenheiten anpassen, indem sie sich von einer ausschließlichen Ausrichtung an festen Prozessketten verabschiedet. Stattdessen müssen dynamische Ereignisse als Auslöser für Aktionen in den Vordergrund rücken, und so eine Ereignisgesteuerte Logistik als Basis für zukünftige hochreaktive Logistiksysteme begründet werden.

Der große Internet-Hype der Jahrtausendwende ist nun schon seit einigen Jahren vorbei und Ernüchterung ist eingekehrt, was die gesellschaftlichen Versprechungen der Internettechnologien betrifft. Dennoch nutzen wir alle das Internet mittlerweile mit einer Selbstverständlichkeit, die nahelegt, dass sich mit dem Einzug dieser Technologie auch ein gesellschaftlicher Wandel vollzogen haben könnte (Abb. 1).

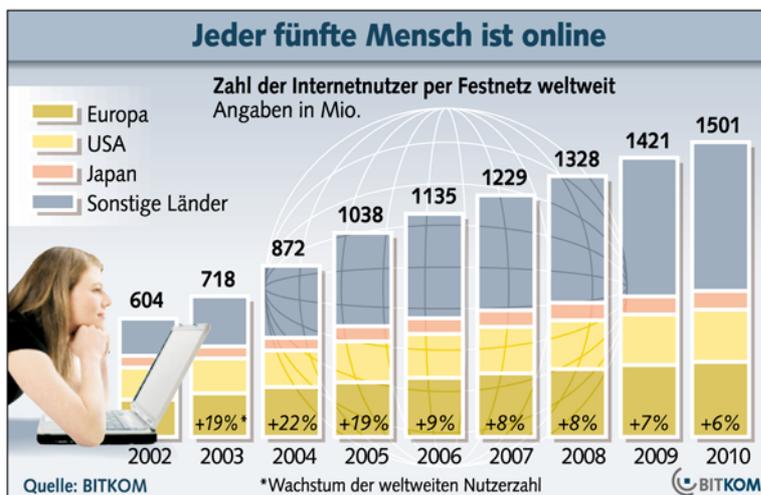


Abb. 1: Internetnutzung weltweit

Einige gesellschaftliche Tendenzen zeichnen sich nun schon seit einiger Zeit ab. Der größte Trend ist sicherlich der in Richtung Individualisierung. Wir alle möchten uns von den Produkten, die wir kaufen, persönlich angesprochen fühlen. Ein Blick in die Geschäfte zeigt, dass kaum ein Produkt mehr verkauft wird, das nicht eine genaue Ausrichtung auf eine bestimmte Zielgruppe hat. Das betrifft nicht nur hochpreisige Artikel wie Automobile, bei denen eine Individualisierung durch die Auswahl der Sonderausstattung bereits seit längerem üblich ist, selbst bei an sich stark standardisierten Produkten wie Lebensmitteln zeigt sich eine starke Diversifizierung des Angebots. So gibt es heute nicht das Weizenmehl von vielleicht zwei Herstellern, sondern eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte von Vollkorn- bis hin zu Dinkelmehl.

Der Wunsch nach stärkerer Individualisierung geht von zwei Seiten aus: vom Kunden, der die individualisierten Produkte nachfragt, und von den Unternehmen, für die sich durch das Angebot individualisierter Produkte die Chance der Differenzierung bietet.

In der Folge dieser Entwicklung ist Massenware nicht mehr erwünscht und in vielen Fällen auf dem Markt nicht mehr erfolgreich. Stattdessen sorgt eine Vielzahl von Nischenprodukten im Sortiment für den wirtschaftlichen Erfolg. Das zeigt sich schon heute im Ansteigen der Variantenvielfalt und der

damit einhergehenden steigenden Komplexität der Güter. Gleichzeitig wird das Kundenverhalten immer unberechenbarer.

Gründe für ein verändertes Kundenverhalten

Dieser Verhaltenswandel wird zum einen durch die Entwicklung anpassungsfähiger Fertigungsverfahren begünstigt, welche individualisierte Produkte zu akzeptablen Preisen erst ermöglichen. Die Verfügbarkeit solcher Produkte heizt wiederum den Wunsch nach noch mehr Individualisierung weiter an: Der Markt wird größer, die Konkurrenz wächst, und so steigt der Druck zu weiteren innovativen Produktentwicklungen. Ebenso sind heutzutage Entwicklungen in Technologie und Gesellschaft mehr denn je miteinander gekoppelt. Die Möglichkeiten der Technik beschleunigen einen Wandel an den Märkten, und der schnelle Wandel zwingt wiederum die Technologien dazu, sich pausenlos weiterzuentwickeln.

Auf der anderen Seite stehen Internettechnologien wie Web 2.0, die zu einer immer rascheren Verbreitung von Trends beitragen. Nischenprodukte können auf diesem Weg innerhalb kürzester Zeit hohe Popularität erreichen und plötzlich überraschend und unvorhersehbar stark nachgefragt werden. Der einfache Zugang zu umfangreichen Informationen via Internet steigert die Ansprüche der Kunden an Produkte und Service.

Bestellt wird, wo immer die Ware am günstigsten ist, Größe und Standort des Händlers spielt meist keine entscheidende Rolle mehr. Überspitzt formuliert entspricht dies einem „Global Sourcing“ für das Individuum.

Portrait einer zukunftsfähigen Logistik

Die Kunden erwarten, dass ihnen die gewünschten Produkte schnell zur Verfügung stehen – auch wenn dafür ein Transport über Kontinente hinweg nötig ist oder die Produkte individuell angefertigt werden müssen. Dies können nur hochflexible und reaktionsschnelle inner- und außerbetriebliche logistische Prozesse sicherstellen. Eine Globalisierung in ihrer heutigen Form wurde erst durch Evolutionssprünge in der Logistik ermöglicht. Auch fortan ist die Logistik gefordert, steigender Nachfrage und einem verschärften weltweiten Wettbewerb durch eine stetige Weiterentwicklung gerecht zu werden. Denn bei aller Durchdringung des Alltags mit Informationstechnologien ist es schließlich doch das physische Produkt, das der Kunde in Händen halten möchte.

Daher wird es zukünftig nötig sein, mit Hilfe einer leistungsfähigen Logistik eine Vielzahl von Nischenprodukten effizient zu fertigen und zu verteilen. Bewährte Logistikkonzepte werden sich fortan nicht mehr in der Breite anwenden lassen; individualisierte Produkte erfordern vielmehr auch eine maßgeschneiderte Logistik. Die Kontinuität auf den Märkten ist verloren gegangen. Übrig geblieben sind Auftragseingänge und Kundenbestellungen als stochastisch auftretende Ereignisse, auf welche die Unternehmen angemessen reagieren müssen. Die Erstellung verlässlicher Bedarfsprognosen ist immer schwerer möglich, wodurch auch ein proaktives Handeln erschwert wird.

Herkömmliche Beschreibungsformen für logistische Systeme, wie beispielsweise der Grenzdurchsatz, scheitern zukünftig, da das Produktspektrum und die Anzahl nachgefragter Artikel starken Schwankungen unterworfen sind. Eine ereignisorientierte Herangehensweise ist unter diesen Umständen zielführend. Voraussetzung für ereignisgesteuertes Handeln sind kürzeste Reaktionszeiten auf veränderte Rahmenbedingungen. Schwerfällige, zentral gesteuerte Produktionen werden dieser Anforderung jedoch nicht gerecht.

Als Vorbild für neue Konzepte dient ein System, bei dem die Forderung nach Dezentralisierung, Flexibilität und kurzen Reaktionszeiten bereits mit bahnbrechendem Erfolg umgesetzt wurden: das Internet. Hier können Datenpakete von einem Ende der Welt zum anderen verschickt werden, ohne dass dazu eine zentrale Steuerungsinstanz notwendig wäre. Das rasante Wachstum sowohl des Datenverkehrs als auch der Anzahl beteiligter Rechner zeigt, dass sich ein solches dezentral organisiertes System besonders gut skalierbar ist. Es liegt daher nahe, in Analogie zu diesem „Internet der Daten“ ein „Internet der Dinge“ zu entwickeln. An Stelle des Datenverkehrs treten Warenströme, in denen sich „Pakete“ selbsttätig einen Weg zu ihrem Bestimmungsort suchen. Die Fördertechnik übernimmt dabei die Funktion von Datenleitungen und Routern. Abgesehen vom physikalischen Transport eines Behälters versorgt sie diesen mit allen notwendigen Informationen zur Topologie der Anlage oder aktuellen Gegebenheiten, wie beispielsweise Staus oder einzuhaltenden Fahrstrategien. Sowohl die Behälter als auch die eingesetzte Fördertechnik übernehmen so eigenverantwortlich ihre entsprechenden Aufgaben.

Nehmen wir an, ein Behälter gelangt in den Wareneingang einer Firma. Er „weiß“, welche Güter er trägt und fragt nun bei der Steuerung nach seinem Zielort. Dieser wird am Behälter gespeichert. Wie ein Reisender „weiß“ der Behälter nun, zu welchem Ziel er reisen möchte, und setzt sich daraufhin mit

den verfügbaren Fördermitteln in seiner Umgebung in Verbindung. Bieten mehrere dieser Fördermittel ihre Transportdienste an, trifft der Behälter vor Ort die Entscheidung, welche Beförderung er wählt. In diesen Entscheidungen ruht ein großes Optimierungspotential, schließlich hängt die Gesamtleistung des Materialflusssystems nun von der Güte dieser Einzelentscheidungen ab. Dabei steht nicht die kürzeste Wegzeit für den einzelnen Behälter im Vordergrund, entscheidend ist ein Emergenzeffekt für das Gesamtsystem.

Allerdings ist ein Teil der herkömmlichen Fördertechnik wiederum an starre Strukturen gebunden und in der Streckenführung nur begrenzt flexibel – man denke an den klassischen Rollenförderer oder die Elektrohängebahn (EHB). Dem Wunsch nach einer größtmöglichen Wandelbarkeit für den Materialfluss entspricht das nicht. Setzt man an dieser Stelle an und denkt einen Schritt weiter, so ist es vorstellbar, dass in Zukunft Transportaufgaben innerhalb der Firma von kleinen, selbst gesteuerten Fahrzeugen übernommen werden. Diese weisen eine einheitliche Grundbauform auf, können aber nach Bedarf mit unterschiedlichen Lastaufnahmemitteln oder Sensoren bestückt werden bzw. sich selbstständig mit diesen ausrüsten. Die autonomen Fördermittel können alleine agieren oder sich in Verbänden zusammenschließen, um gemeinsam Transportaufgaben durchzuführen (Abb. 2).

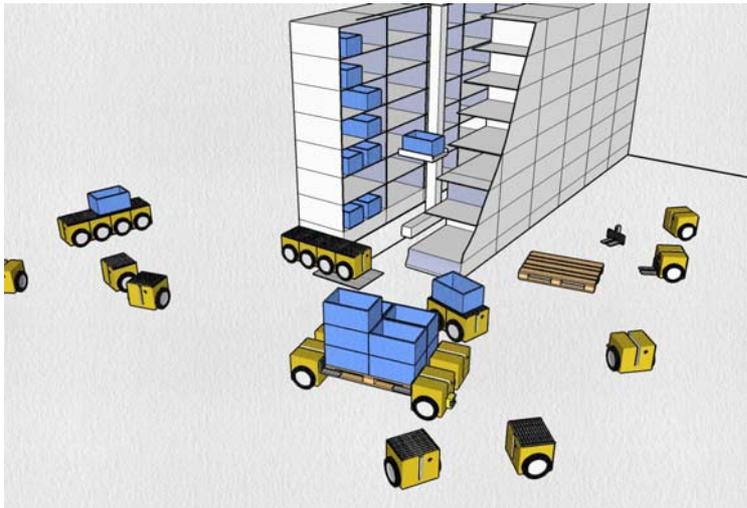


Abb. 2: Logistiksystem mit einheitlichen autonomen Funktionseinheiten

Vorteile einer derartigen modularen Materialflussstruktur liegen – neben der angesprochenen Flexibilität und Wandelbarkeit - in einer hohen Robustheit und Wartbarkeit des Systems. Beim Ausfall eines Moduls bzw. bei der Ausschleusung zu Wartungszwecken übernehmen andere Teilnehmer die anfallenden Aufgaben. Komplettausfälle von Anlageteilen sind somit ausgeschlossen. Zudem wird durch die Möglichkeit einer kontinuierlichen Wartung parallel zum laufenden Prozess Defekten einzelner Module vorgebeugt.

Theoretischer Unterbau für eine Ereignisgesteuerte Logistik

Wenden wir uns nun den theoretischen und technischen Grundlagen für die aufgezeigte Vision eines Internet der Dinge mit autonomen Funktionseinheiten zu. Gerade in Zeiten, in denen aus oben genannten Gründen Flexibilität und schnelle Anpassungsfähigkeit ein immer wichtigerer Faktor für den Erfolg am Markt wird, scheint es gerechtfertigt, den Nutzen effizienter, aber starrer und nicht wandelbarer automatisierter Systeme zu hinterfragen. Die bisherige Technologie bietet nur in manuellen Systemen das benötigte Maß an Flexibilität – denn ein Mensch kann sich in äußerst kurzer Zeit auf neue Umstände oder Aufgaben einstellen. Flexible Arbeitszeitmodelle oder Outsourcing bieten einem Unternehmen noch mehr Möglichkeiten, auf sich ändernde Marktsituationen oder sonstige Rahmenbedingungen dynamisch zu reagieren. Möchte man aber nicht auf die wichtigen Vorteile automatisierter Systeme verzichten, muss man es schaffen, den Spagat zwischen Automatisierung und Flexibilität zu überwinden.

Mit der Entwicklung hochreaktiver und -adaptiver Logistiksysteme, die in der Lage sind, auf stochastisch eintretende Ereignisse zu reagieren, geht auch die Notwendigkeit einer theoretischen Beschreibung einher. Bei der Suche nach Beschreibungsmöglichkeiten bietet der Blick über den Tellerrand des Maschinenbaus Ansätze. Auch hier finden sich Vorbilder in der digitalen Welt. In der Informatik sehen sich die Softwareentwickler bereits seit geraumer Zeit einer ähnlichen Problematik gegenübergestellt. Die herkömmlichen Programmier Techniken führen zu stark ablauf- und zustandsorientierten Programmen. Struktur und Verhalten der Software werden schon im Entwurf fest

vorgegeben, indem Funktionalität und Beziehungen von Systemelementen im Voraus definiert werden. Dieses statische Softwaremodell hat das Ziel, alle möglichen Situationen schon im Voraus zu berücksichtigen. Auf diese Weise gilt für den Ausfall eines Systemelements: Entweder ist eine alternative Strategie schon vordefiniert worden, oder die entsprechende Funktion kann vom System nicht mehr erfüllt werden.

Unter Anderem der Wunsch, Software zu schaffen, die auf Situationen reagieren kann, die im Entwurf nicht konkret vorgesehen sind, führte zur agentenorientierten Softwareentwicklung. Softwareagenten, also autonome Programme, die auf Grundlage ihres jeweiligen Wissensstandes über ihre Umwelt gewisse Ziele verfolgen und zu diesem Zweck mit anderen Agenten kooperieren, stellen die Grundbausteine dieser Technologie dar. Jede dieser autonomen Einheiten darf selbst entscheiden, ob sie eine geforderte Leistung entsprechend ihrer aktuellen Fähigkeiten vollständig, teilweise oder gar nicht erbringen will. Sie darf also innerhalb ihres Einflussbereiches selbstständig handeln. Gerade diese Unabhängigkeit der verschiedensten Leistungserbringer führt zu einem System, dessen Verhalten sich im Einzelnen nicht mehr deterministisch vorhersagen lässt und trotzdem zuverlässig eine definierte Gesamtaufgabe erfüllen kann.

Entwicklungsmodelle für agentenorientierte Softwaresysteme existieren bereits seit einigen Jahren. Ein Beispiel für eine klassische Vorgehensweise zum agentenorientierten Systementwurf ist der Process for Agent Societies Specification and Implementation (PASSI), der sich von der frühen Anforderungsanalyse bis zur Implementierung von Softwareagenten erstreckt und fünf Phasen umfasst [2]. Dabei wird meist die Beschreibungssprache Unified Modelling Language (UML) verwendet und Entwurfstechniken aus der Softwaretechnik und der künstlichen Intelligenz zusammengeführt (Abb. 3).

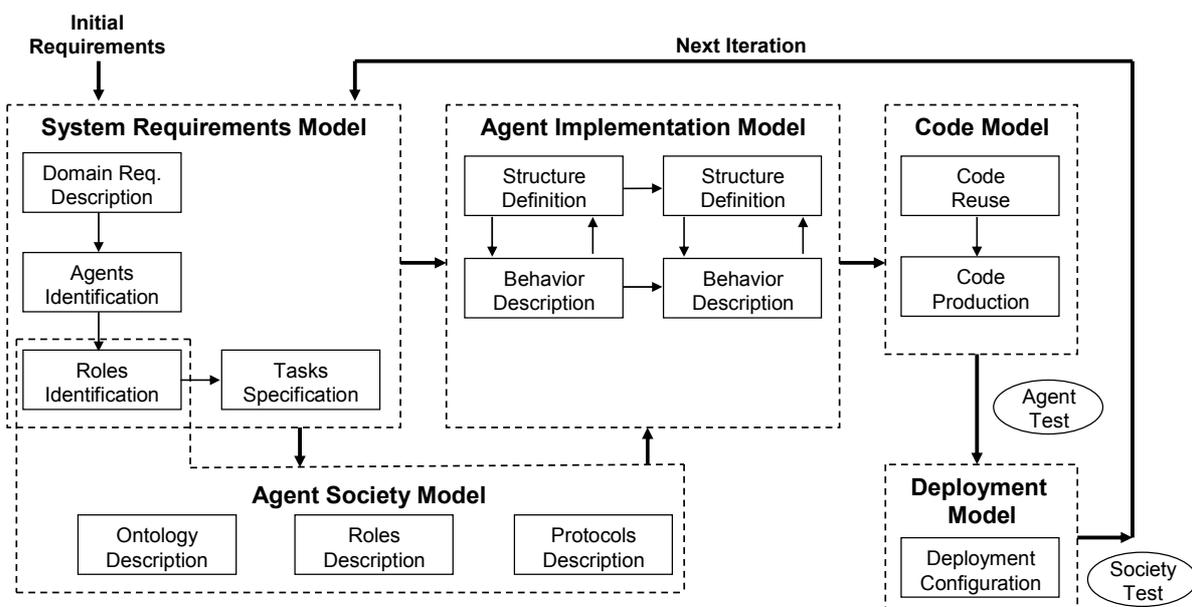


Abb. 3: PASSI-Vorgehensweise (Consentio u. Potts 2002)

Diese Entwicklungsmodelle können ebenso zur Beschreibung eines Ereignisorientierten Logistiksystems herangezogen werden. Grundsätzlich wird dabei folgende Vorgehensweise angewandt:

In einer Zielhierarchieanalyse wird eine Problembeschreibung für das Gesamtsystem erstellt, die eine Überführung der Anforderungen in detaillierte Ziele ermöglicht. Anschließend können in einer Rollenanalyse die Zuständigkeiten einzelner Systemelemente festgelegt werden. Hier werden übereinstimmende Ziele zu Rollen zusammengefasst, die prinzipiell in der Lage sind, spezielle Aufgaben zu erfüllen. Nach der Identifikation der Agenten, die als Aufgaben- und Entscheidungsträger eine oder mehrere Rollen übernehmen, kann ein Softwaremodell erstellt werden, auf dessen Grundlage schließlich Implementierung und Test erfolgt. Das Zusammenspiel der Systemelemente wird so nicht explizit vorgegeben, sondern es werden lediglich mögliche Interaktionsmodelle definiert.

Technische Grundlagen für ein Ereignisgesteuertes Logistiksystem

Multiagentensysteme lassen sich also auch als Organisationsmodell auf Ereignisgesteuerte Logistiksysteme übertragen. Vor diesem Hintergrund müssten die Systemkomponenten mit Agenten

ausgestattet werden (Abb. 4). Dabei leistet die aktuelle Entwicklung in der Steuerungstechnik in Richtung Dezentralisierung bereits wichtige Vorarbeit. Noch vor einigen Jahren übernahmen leistungsfähige SPS die Ansteuerung und Überwachung aller Sensoren und Aktoren in ganzen Anlagenbereichen. Obwohl dies in vielen zentral gesteuerten Systemen noch immer der Fall ist, bieten zahlreiche Antriebs- und Steuerungshersteller auch Komponenten an, die eine Verteilung der Entscheidungslogik auf kleine Module ermöglichen und begünstigen. So besitzen viele Frequenzumrichter, Elektroantriebe, Auto-ID-Lesegeräte und andere Komponenten programmierbare Microcontroller, auf denen der Kunde eigenen Code installieren kann.

Auf diese Weise kann zum einen die gerätespezifische Funktionalität verbessert werden, z.B. durch selbst entwickelte Regelalgorithmen; zum anderen lassen sich aber auch ganz neue Funktionen implementieren. Und wo die genannten Microcontroller eine zu geringe Rechenleistung haben, können kleine Embedded-PCs eingesetzt werden. Durch den Einsatz solcher kostengünstiger aber leistungsfähiger Rechner wird es erstmals möglich, das bisherige Baukastenmodell von der Elektrik und Mechanik auch auf die Steuerungstechnik zu erweitern. Diese mechatronische Gestaltung kann zur Entwicklung autonomer Funktionseinheiten verwendet werden. Diese lassen sich nach außen hin wie Black Boxes mit standardisierten Schnittstellen betrachten und können in ihrem Inneren hersteller- und aufgabenspezifisch ausgeführt werden. Die Modulgrenzen sind auf der mechanischen, der energetischen und der steuerungstechnischen Ebene identisch. Somit lassen sich die Module unabhängig voneinander testen, in Betrieb nehmen und austauschen.

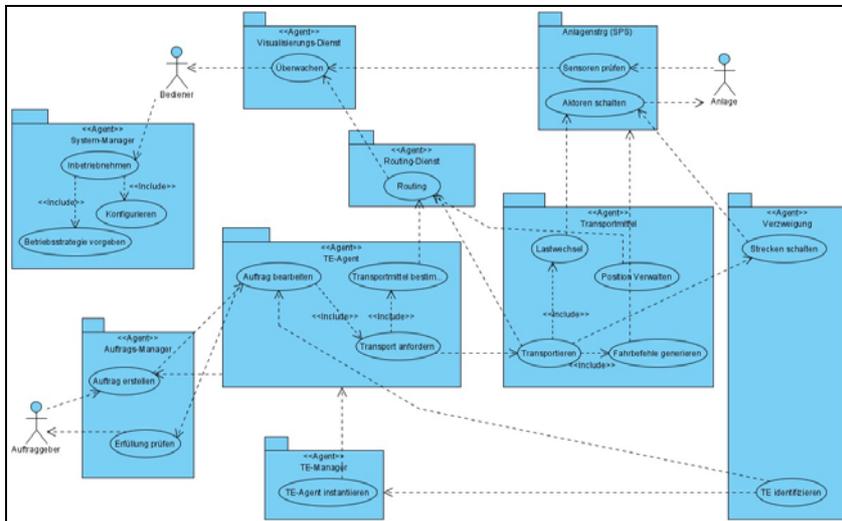


Abb. 4: Agentenmodell für eine Elektrohängebahnanlage

Materialflussrechner übernehmen in einem dezentral gesteuerten System nur noch die Auftragsvergabe. Aufgaben wie die Wegberechnung, die Wegreservierung, die Stauvermeidung und das Schalten von Wegelementen werden dezentral und selbstständig von den Materialflussmodulen übernommen. Ein übergeordnetes Leitsystem ist damit nicht mehr erforderlich.

Durch die technologischen Entwicklungen im Bereich RFID lässt sich aber nicht nur die Steuerungssoftware bzw. Entscheidungskompetenz dezentralisieren, sondern auch die Datenhaltung. Klassisch wird RFID nur zur Identifikation einzelner Transporteinheiten verwendet, alle übrigen Informationen werden dann aus zentralen Datenbanken aufgerufen. Doch die Speicherkapazitäten heute erhältlicher RFID-Tags erlaubt bereits einen ersten Schritt vom Data-On-Network-Prinzip hin zu Data-On-Chip. Dabei werden alle zu einer Transporteinheit gehörenden Daten, neben der eindeutigen Identifikationsnummer also auch Informationen über das Transportziel oder den Inhalt und die geometrische Form des Behälters, direkt auf dem mitgeführten RFID-Tag hinterlegt.

Offensichtlich sind solche Systeme das extreme Gegenteil zentraler Steuerungen. An die Stelle einer Instanz, die über alle Vorgänge im gesamten System genauestens Bescheid weiß und diese auch bis ins letzte Detail steuert, treten viele autonome Einheiten, die nur ihre jeweils eigene Umgebung kennen und denen nur ihre eigenen Ziele bekannt sind. Doch durch die gerichtete Zusammenarbeit dieser zahlreichen Module nach bestimmten Verhandlungs- und Koordinationsregeln ergibt sich ein Gesamtsystemverhalten, dass von dem einer zentralen Anlage kaum zu unterscheiden ist. Da kein Materialflussrechner programmiert bzw. angepasst werden muss, sobald Änderungen an der Anlage vorgenommen werden, kann die Topologie, die Anzahl der Transportmittel oder Alternativwege ohne

großen Aufwand verändert werden. Die Teilnehmer werden nach dem vornehmlich aus der Computerwelt bekannten Plug&Play-Mechanismus im System etabliert und sind sofort in der Lage, mit anderen Modulen zu interagieren und so zur Steigerung der Systemleistung beizutragen.

Das Eintreffen einer Nachricht stellt in diesem Modell für den Empfänger ein Ereignis mit bestimmten Parametern dar, das entsprechend den eigenen Fähigkeiten und der individuellen Kenntnis der Umgebung verarbeitet wird und zu einem Ergebnis wie zum Beispiel dem Schalten eines Aktors oder dem Zurückliefern einer bestimmten Information führt. Das Auflegen einer Transporteinheit auf einen Lastübergabepplatz wird von einer bestimmten Sensorik, z.B. einer Lichtschranke und einem dazugehörigen Auto-ID-Lesegerät, erkannt, worauf eine weitere Ereigniskette gestartet wird – zum Beispiel das Anfordern eines Transportmittels. Da keine zentrale Instanz die zahlreichen Ereignisse verwaltet oder verteilt, müssen die autonomen Module untereinander dafür sorgen, dass jeder Teilnehmer rechtzeitig über alle ihn betreffenden Vorgänge informiert wird. Grundsätzlich weiß nur jedes Modul selbst, welche Daten es verarbeiten kann und worüber es in Kenntnis gesetzt werden muss, um seine jeweilige Funktion zu erfüllen. Daher können in einem solchen System agierende Module nach Teilnehmern suchen, die bestimmte Informationen liefern – z.B. ist es für ein fahrerloses Transportfahrzeug wichtig zu erfahren, wann an einem bestimmten Übergabepplatz eine Ware zur Abholung bereit steht. Der Übergabepplatz selbst trägt sich als Lieferant dieser Information bzw. als Ereigniserzeuger in einem Verzeichnis ein, wo es von Fahrzeugen oder beliebigen anderen Systemen, wie z.B. einer Visualisierungssoftware, gefunden werden kann. Haben sich zwei oder mehrere Module auf diese Weise informationstechnisch vernetzt, gibt der Ereigniserzeuger die von ihm generierten Daten direkt an alle Interessenten weiter, ohne dabei wissen zu müssen, welche Funktion diese erfüllen oder von welcher Beschaffenheit sie sind. So wie sich das Web 2.0 aus dem WWW ohne nennenswerte technologische Sprünge entwickelt hat, wird auch das Internet der Dinge in der Lage sein, die Realisierung dieser Form der Ereignisorientierten Logistik zu ermöglichen.

Schlussbetrachtung

Intelligente Pakete und sich selbst steuernde und vernetzende Materialflusselemente klingen möglicherweise ein wenig nach Science Fiction. Aber der gezeigte Wandel ist nichts Theoretisches in ferner Zukunft, sondern er findet bereits statt. Die Logistik muss sich darauf einstellen. Das Internet der Dinge ist aktuell Gegenstand der Forschung. Damit sind erste Ansätze zur Lösung zukünftiger Herausforderungen für die Logistik im Entstehen. Fest steht: Die Zukunft der Logistik bleibt spannend! Denn durch die immer stärkere Dezentralisierung und Globalisierung der Märkte wird die Logistik einen immer größeren Einfluss auf die Effizienz und den Erfolg eines Unternehmens haben. Dabei liegt gerade in der wissenschaftlichen Begleitung und der theoretischen Fundierung zukünftiger Entwicklungen und Innovationen der Schlüssel für einen nachhaltigen Erfolg.

Literatur

- [1] Chris Anderson: The Long Tail – Der lange Schwanz. Carl Hanser Verlag, München 2007 (auch www.thelongtail.com)
- [2] M. Cosentino, C. Potts: A CASE Tool Supported Methodology for the Design of Multi Agent Systems. In: Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice. CSREA Press 2002

Autoren

Anschrift

fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner
Technische Universität München
Boltzmannstraße 15
85748 Garching

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Willibald A. Günthner studierte an der Technischen Universität München Maschinenbau und Arbeits- und Wirtschaftswissenschaften. Nach der Promotion am dortigen Lehrstuhl für Förderwesen arbeitete er als Konstruktions- und Technischer Leiter für

Förder- und Materialflusstechnik bei der Firma Max Kettner. 1989 übernahm er die Professur für Förder- und Materialflusstechnik an der FH Regensburg. Seit 1994 leitet er den Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) an der TU München. Prof. Günthner ist Gründungsmitglied und Schatzmeister der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e.V. (WGTL) und Mitglied des Vorstands der VDI-Gesellschaft FML.

Telefon: 089 / 289 159 20
Fax: 089 / 289 159 22
E-Mail: guenthner@fml.mw.tum.de

Dipl.-Ing. Ralf Kraul

Dipl.-Ing. Ralf Kraul studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München und arbeitet seit Januar 2005 als Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik unter der Leitung von Prof. Günthner. Seine Aufgaben liegen im Bereich der Materialflusssimulation und der Lager- und Logistikplanung.

Telefon: 089 / 289 159 57
Fax: 089 / 289 159 22
E-Mail: kraul@fml.mw.tum.de

Dipl.-Ing. Peter Tenerowicz

Dipl.-Ing. Peter Tenerowicz studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München und arbeitet seit Januar 2007 als Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik unter der Leitung von Prof. Günthner. Seine Aufgaben liegen im Bereich der Ersatzteillogistik und der Neukonzeption von Fördermitteln.

Telefon: 089 / 289 159 15
Fax: 089 / 289 159 22
E-Mail: tenerowicz@fml.mw.tum.de

Dipl.-Inf. Razvan Chisu

Dipl.-Inf. Razvan Chisu studierte Informatik an der Technischen Universität München und arbeitet seit Februar 2005 als Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik unter der Leitung von Prof. Günthner. Seine Aufgaben liegen im Bereich der dezentralen Steuerung von Materialflusssystemen und der Softwareentwicklung.

Telefon: 089 / 289 159 39
Fax: 089 / 289 159 22
E-Mail: chisu@fml.mw.tum.de

Dipl.-Ing. Florian Kuzmany

Dipl.-Ing. Florian Kuzmany studierte Maschinenbau an der Technischen Universität München und arbeitet seit Oktober 2003 als Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik unter der Leitung von Prof. Günthner. Seine Aufgaben liegen im Bereich der dezentralen Steuerung von Materialflusssystemen und der Steuerungsprogrammierung.

Telefon: 089 / 289 159 31
Fax: 089 / 289 159 22
E-Mail: kuzmany@fml.mw.tum.de