

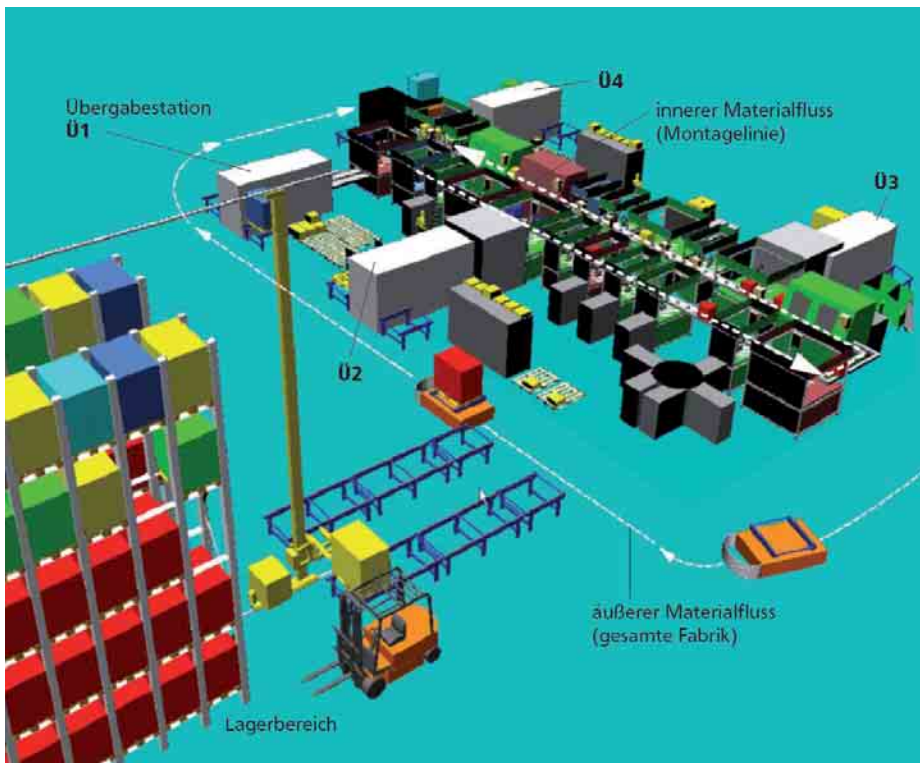
Zukünftig: Stückgutförderung mit

Steigende Anforderungen an die Flexibilität und Redundanz von Logistiksystemen bedingen die Entwicklung neuer Steuerungs- und Transportkonzepte. Aktuelle Forschungsarbeiten bereiten einen Paradigmenwechsel hin zu dezentral organisierten und selbstgesteuerten Materialflusssystemen vor. Das Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart (IFT) simuliert und analysiert die Anforderungen an virtuelle zukünftige schwarmfähige Kleinfahrzeuge als Basis für die methodische Entwicklung zukünftiger Transport- und Ladungssysteme.

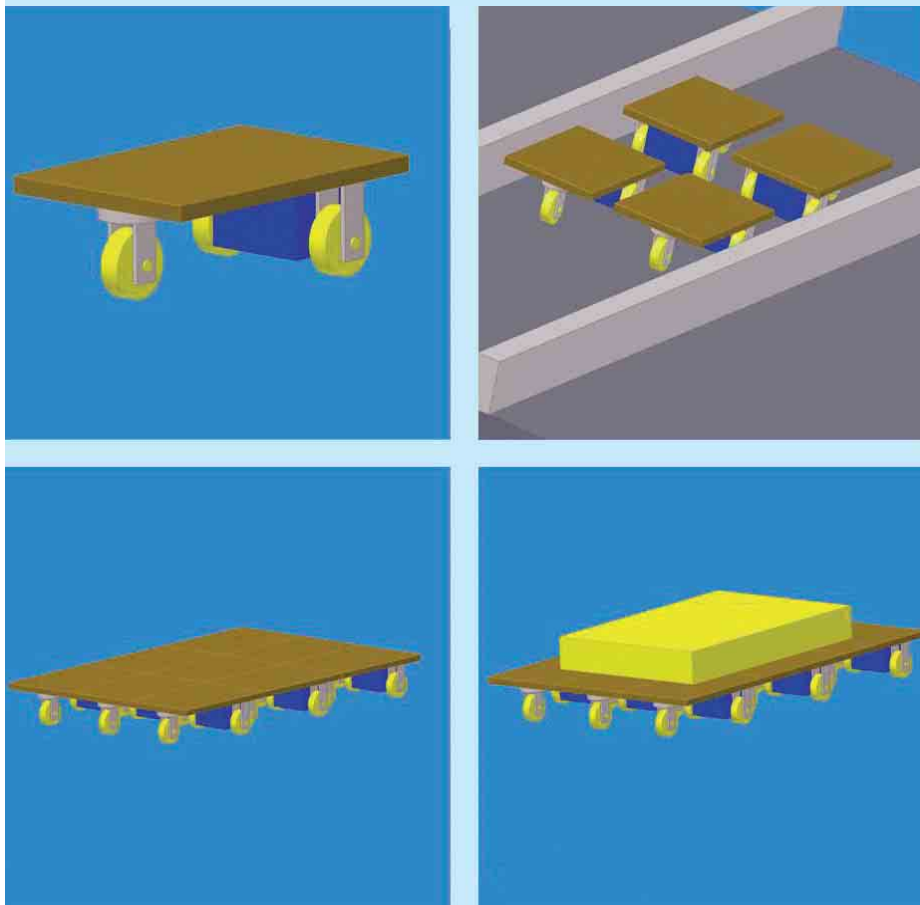
- Karl-Heinz Wehking
- Christian Vorwerk

Materialflussorganisation in der Intralogistik

Die Intralogistik stützt sich für die organisatorische und technische Realisierung des innerbetrieblichen Materialflusses auf die Maschinen und Anlagen der Förder-, Lager- und Handhabungstechnik sowie die dazugehörigen IT-Systeme (Information, Kommunikation, Steuerungstechnik). Heutige Distributions- und Produktionslogistiksysteme (Bild 1) zeichnen sich hierbei durch einen hohen Automatisierungsgrad mit zentral organisierten Steuerungssystemen aus. Es handelt sich um komplexe Systeme mit mehreren Ebenen, die für die jeweilige spezifische Aufgabe und festgelegte Abläufe angepasst und individuell für jede Anlage optimiert werden müssen. Dadurch entsteht bereits bei der Inbetriebnahme einer Anlage ein großer zeitlicher und kostenmäßiger Aufwand. Spätere grundsätzliche Veränderungen am Logistiksystem (z. B. an den Abläufen oder an der Art der Kundenbelieferung) lassen sich wegen der fehlenden Flexibilität der bestehenden technischen Komponenten und des zentralen Steuerungskonzeptes mit vertretbarem Aufwand nur in Ausnahmefällen realisieren. Bereits der Einfluss von größeren Schwankungen in der Durchsatzleistung eines Logistiksystems (z. B. durch saisonale Spitzen im Weihnachtsgeschäft) erfordert im Vorfeld festgelegte, variable Strategien für den Ablauf des innerbetrieblichen Materialflusses. Die wirtschaftliche Optimierung des Gesamtsystems kann dabei nicht immer für alle Szenarien erreicht werden, da eine drastische Änderung der Zielvorgaben von zentral organisierten Systemen nur bedingt abgebildet werden kann.



1 Heutiges Logistiksystem in 3D-Simulationsumgebung



2 Mögliche schwarmfähige Kleintransportfahrzeuge

Fahrzeugschwarm

Paradigmenwechsel erwartet

In den zurückliegenden zwei Jahren wurden auf Kongressen bzw. in Veröffentlichungen unterschiedliche Aktivitäten im Bereich der Logistik vorgestellt, die erkennen lassen, dass die Forschung einen Paradigmenwechsel zu dezentral organisierten Intralogistiksystemen vorbereitet. Unter dem Stichwort „Internet der Dinge“ [1] wird u. a. die verstärkte zukünftige Anwendung von RFID-Systemen (Radio Frequency Identification Systems) in der Logistik prognostiziert und untersucht. Da bei Verwendung von RFID Produkt- und Prozessinformationen von der logistischen Quelle zur Senke mitgeführt und z. T. auch verändert werden können, bietet sich die Möglichkeit zur dezentralen Verwaltung von Prozessabläufen innerhalb einer logistischen Kette und damit zur Entlastung von Materialflusssteuerung und Lagerverwaltungssystem. Durch die Kombination einer Ladungsüberwachung durch RFID-Leser und einer Agentenplattform sollen Transporte in Zukunft nach Störungen durch Selbststeuerung um- oder neugeplant werden [2].

Um eine Verbesserung der Anlagenflexibilität und einen geringeren Installationsaufwand zu erzielen, müssen unabhängig von der Einführung dezentraler Steuerungsalgorithmen jedoch auch die förder-, lager- und handhabungstechnischen Komponenten der Intralogistik hinsichtlich ihres Aufbaus, ihrer Funktionalität und Dimensionierung an zukünftige Anforderungen angepasst werden [3]. Trotz des Strebens nach einem möglichst hohen Grad der Modularisierung müssen sowohl Stetig- als auch Unstetigförderer (z. B. Rollenbahnen, Kettenförderer, Elektrohängebahnen, fahrerlose Transportsysteme) bezüglich ihres Aufbaus, ihrer geometrischen Abmessungen und ihrer Lastdimensionierung an die zu fördernde Ladung angepasst werden. Beispielsweise sind sowohl die konstruktive Ausführung als auch der Antriebsstrang von Rollenbahnen maßgeblich von den eingesetzten Ladungsträgern und Fördergütern (mit einem Gewicht von einigen kg bis zur Größe von Europaletten mit einem Gewicht von bis zu 1500 kg) abhängig. Im Bereich der Lagertechnik zeigt ein Vergleich zwischen Regalbediengeräten für Hochregallager und automatischen Kleinteilelagern ähnliche Verhältnisse auf. Hierbei werden in Abhängigkeit vom Einsatzfall teilweise völlig unterschiedliche maschinenbauliche Basiselemente eingesetzt. So wird die Hubfunktion bei Regalbediengeräten für Hochregallager häufig mit Stahlseilen realisiert, wobei automatische Kleinteilelager leichte Alu-

miniumgerüste mit Zahnriemen verwenden. Weiterhin sind in Abhängigkeit von der geforderten Anlagenverfügbarkeit und -größe in heutigen Logistiksystemen nur teilweise redundante Fördersysteme realisierbar, die beim Ausfall eines Elementes die Funktionalität der Gesamtanlage weiter gewährleisten könnten. Eine hohe Systemverfügbarkeit kann bei klassischen Systemen nur durch hohe Einzelverfügbarkeiten mit großem kostenmäßigen Aufwand gewährleistet werden.

Konsequenzen und erste Ideen

Wenn die Flexibilität und Robustheit zukünftiger materialflusstechnischer Systeme grundsätzlich verbessert werden sollen, müssen neben intelligenten dezentralen autonomen Steuerungssystemen auch völlig andere förder-, lager- und handhabungstechnische Einrichtungen und Maschinen der Intralogistik neu entstehen. Diese Systeme sollen dezentral, selbststeuernd und miteinander kooperierend ausgeführt werden und sich durch Kommunikation, Lokalisierung und mechanische oder elektrische Kopplung an den Ladungsträger und das Fördergut individuell je Transportvorgang anpassen können.

Um die Grundidee zu schildern, sei ein Vergleich zur Natur herangezogen: Der Transport eines Gutes wird bei einem Ameisenstaat in Abhängigkeit vom Gewicht und von den Abmessungen des Gutes mit n redundanten Systemelementen (Arbeitsameisen) ausgeführt, wobei kleine Lasten von nur einer Ameise und große Lasten von einem Schwarm mit $n > 1$ bewegt werden. Da der mechanische Aufbau und das Steuerungskonzept der einzelnen Systemelemente identisch sind, kann die Aufgabenverteilung (und Elementkopplung) nur durch Lokalisierung und Kommunikation zwischen den Systemelementen abgestimmt werden.

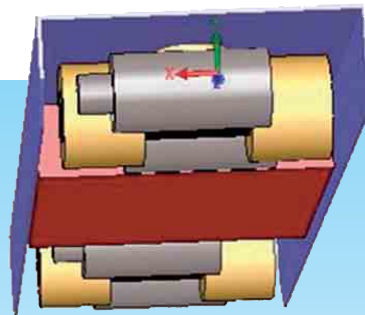
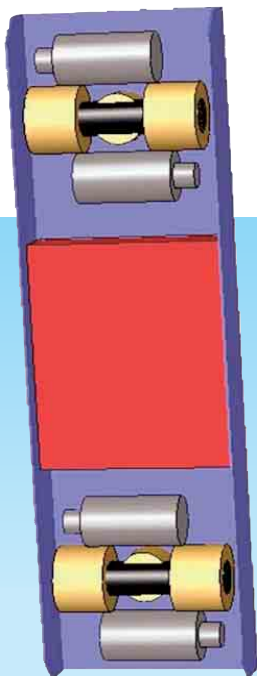
Wie einleitend erwähnt, sind mit diesem neuen Ziel der Intralogistik erste Ideen und Forschungsvorhaben verbunden, beispielsweise unter den Bezeichnungen „ μ Carrier“ (Prof. Günthner, TU München), „Kleinskaliges autonomes redundantes Intralogistiksystem“ (Prof. Furmans, Universität Karlsruhe) und „Zellulare Fördertechnik“ (Prof. ten Hompel, TU Dortmund). Auch das Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart beschäftigt sich mit solchen dezentralen, selbststeuernden, kooperierenden und damit schwarmfähigen neuen Kleintransportfahrzeugen (Bild 2). Das IFT fokussiert bisher seine Aufgabe auf die Förderung, die in der Zukunft durch extrem einfache und da-

mit kostengünstige Lösungen realisiert werden soll. Wie Bild 3 zu entnehmen ist, können mit jedem Kleinfahrzeug einzelne kleinere Lasten und durch kooperierende Schwarmfunktion (d. h. Zusammenschließen mehrerer Kleinfahrzeuge zu einer großen Plattform) Ladungsträger bis zur Europalettengröße bei hohem Gewicht transportiert werden. Neben dem reinen Ladungstransport ist jedoch auch die Zusatzfunktion des Umschlagens – nämlich der Aufnahme bzw. der Abgabe der Ladung an Quelle und Senke – ohne zusätzliche Antriebe (!) möglich (Bild 4). Mit diesen neuartigen Kleinfahrzeugen können beliebig redundante und flexible Materialflusssysteme aufgebaut werden.



3 Schema eines Materialflusses mit Fahrzeugswarm

(Bilder: IFT)



4 Prinzipdarstellung der Hubfunktion ohne Zusatzantrieb

Simulation mit realen Umgebungsbedingungen

Für eine zukünftige Anwendung solcher Systeme in der Praxis müssen

- ▶ Fahrzeugrahmen
- ▶ Antrieb für Fahrfunktion und ggf. Hub-/Senkfunktion
- ▶ Lenkfunktion
- ▶ Kommunikation
- ▶ Lokalisierung und
- ▶ dezentrale Steuerung

implementiert und an die neuen Anforderungen angepasst werden. Die neuartigen schwarmfähigen Fahrzeuge werden sich von bisherigen Systemen, wie fahrerlosen Transportsystemen, völlig unterscheiden, was nicht nur hinsichtlich des Aufbaus, der Funktionalität, der Koopera-

tionsfähigkeit und der Kosten gilt, sondern auch für die Methodik und Vorgehensweise der Entwicklung. Wichtig dabei ist, dass die Entwicklung der dezentralen Steuerungsalgorithmen und die maschinenbauliche Konstruktion der Fahrzeuge schon im Rahmen erster Projektphasen abgestimmt werden. Bereits nur die Lösung der (im Vergleich zum gesamten Steuerungskonzept) einfachen Aufgabe der Kollisionsvermeidung erfordert beispielsweise eine realitätsgetreue, an unterschiedlichste Umgebungsbedingungen adaptierbare Simulationsumgebung, um mit einer zielgerichteten methodischen Vorgehensweise Voranalysen für die Steuerungsalgorithmen erstellen zu können.

Als Grundlage für eine systematische Konstruktion auf Basis des morphologi-

schen Kastens sollen deshalb parallel zu Grundsatzentscheidungen über die zu untersuchenden Varianten heutige zentral organisierte Logistiksysteme mit möglichen zukünftigen Systemen in einer Materialflusssimulation verglichen werden. Die Simulationsergebnisse sollen nicht nur die Analyse der Prozessentscheidungen der dezentralen Steuerung erleichtern, sondern auch grundsätzliche Entscheidungen hinsichtlich der maschinenbaulichen Konstruktion (z. B. Ausführung von Lenkung und Antrieb) unterstützen. Für die hier zu lösende fördertechnische Konstruktion stellt die Simulation mit praxisrelevanten Umgebungsbedingungen auch die Voraussetzung für die Erstellung eines Lastenheftes dar.

Für den Bereich der fördertechnischen Entwicklung und der Materialflusssimulation zentraler und dezentraler Logistiksysteme hat das IFT der Universität Stuttgart diverse Vorarbeiten erfolgversprechend erstellt. Neben konstruktiven Vorentwicklungen und der schrittweisen Erweiterung einer Simulationsumgebung für Logistiksysteme wurden auch verschiedene Projekte im Bereich der Konstruktion und Optimierung von Ladungsträgern durchgeführt.

Es ist davon auszugehen, dass mit einer Familie neuartiger modularisierter Ladungsträger zur optimierten Lastaufnahme (auf die Fahrzeugflächen der neuen Fahrzeuge) das mögliche Einsatzspektrum redundanter Fördersysteme bereits in der Entwicklungsphase deutlich erweitert werden kann. Die bisherigen Eigenforschungsaktivitäten sollen jetzt in ei-

nem größeren Umfang weitergeführt werden, wobei das hier geschilderte zentrale Problem der Systemanalyse durch eine neuartige Simulationsumgebung im Vordergrund steht.

In Kooperation mit dem Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik (IAS) der Universität Stuttgart (Leiter: Prof. *Göhner*) sind parallele Forschungsaktivitäten für die Entwicklung der Steuerungsalgorithmen einschließlich der Lokalisierung und Kommunikation geplant.

Resümee und Ausblick

Im Bereich der intralogistischen Systeme, d. h. der Realisierung des Material- und Informationsflusses in innerbetrieblichen Systemen, vollzieht sich derzeit ein Paradigmenwechsel von zentral gesteuerten Systemen hin zu dezentralen Systemen bei gleichzeitiger Entwicklung völlig neuer kooperierender schwarmfähiger förder-, lager- und handhabungstechnischer Materialflusskomponenten. Um die richtigen Anforderungen an zukünftige

Systeme in Abhängigkeit von unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen und Einsatzszenarien formulieren zu können, sind vor der eigentlichen Entwicklungsphase (beispielsweise Entwicklung neuer förder technischer Einheiten für die Funktion „Transport von A nach B inklusive Realisation der Umschlagfunktion“) zunächst grundlegende Arbeiten auf Basis von Simulationsstudien jetziger und möglicher zukünftiger Systeme durchzuführen.

Die oben genannten Arbeiten zeigen, dass hier ein völlig neuer, außerordentlich spannender und Erfolg versprechender Forschungs- und Entwicklungsprozess stattfindet, der dazu beitragen kann, die Spitzenstellung der in diesem Bereich tätigen deutschen Hochschulinstitute und der deutschen Intralogistik-Branche auch in Zukunft zu sichern. □

Literatur

[1] *ten Hompel, M.*: Das Internet der Dinge – Autonome Objekte und selbstorganisierende Systeme im innerbetrieblichen Materialfluss. VDI-Berichte Nr. 1928 (2006), S. 291-299.

[2] *Scholz-Reiter, B.; de Beer, C.; Windt, K.*: Evolution in der Logistik – Selbststeuerung logistischer Prozesse. VDI-Berichte Nr. 1978 (2007), S. 179-190.

[3] *Overmeyer, L.; Falkenberg, S.; Heiserich, G.; Jungk, A.*: Innovative Gestaltung von Intralogistik durch Kopplung kleinskaliger Systeme. VDI-Berichte Nr. 1978 (2007), S. 171-178.

**Prof. Dr.-Ing.
Karl-Heinz Wehking**
ist Leiter des
Instituts für Fördertechnik
und Logistik der
Universität Stuttgart



**Dipl.-Ing.
Christian Vorwerk**
ist Oberingenieur am
Institut für Fördertechnik
und Logistik der
Universität Stuttgart

