

Ein neuartiges Element für zukünftige Materialflusssysteme

# KARIS – dezentral gesteuert

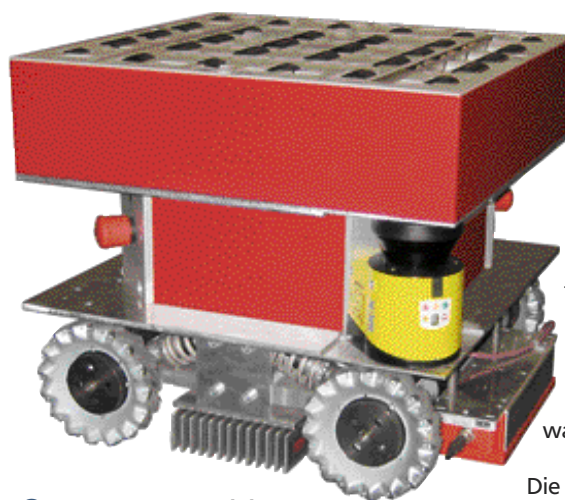
Die Entwicklung neuartiger, intelligenter und autonomer Funktionsmodule für den Objekttransport soll zu einer wesentlichen Änderung der Gestalt zukünftiger Materialflusssysteme führen: Nicht mehr starr installierte Materialflusselemente übernehmen den Transport von Objekten, sondern intelligente, kostengünstige Transporteure sind immer dann zur Stelle, wenn ein Objekt seinen Standort wechseln muss. Eine besondere Herausforderung bei der Umsetzung von KARIS (Kleinskaliges Autonomes Redundantes Intralogistik-System) war die konstruktive Gestaltung des Einzelements.

- Heinrich Hippenmeyer
- Kai Furmans
- Thomas Stoll
- Frank Schöning

## Technische Innovationen ermöglichen neue Logistikkonzepte

Die Anforderungen an Materialflusssysteme (MFS) sind im Wandel: Neben der üblichen Forderung nach hohen Durchsätzen und Wirtschaftlichkeit treten heute weitere Merkmale, wie hohe Flexibilität, Rekonfigurierbarkeit, Modularität und hohe Verfügbarkeit, in den Vordergrund. Ein Grund für diesen Wandel sind die veränderten Anforderungen an die Versorgung von modernen Produktions- und Distributionssystemen: Neue Prozesse, veränderte Durchsätze und Verteilstrukturen werden in immer kürzeren Abständen gefordert. Treiber hierfür ist ein sich schnell veränderndes Produktspektrum mit hoher Variabilität, die oftmals auch nur grob vorhersagbar und damit planbar ist.

Die Forderungen nach automatisierten Einzeltransporten zur Unterstützung des angestrebten One-Piece-Flows in der Pro-



1 Das KARIS-Einzelement hat die Abmessungen 500 mm × 500 mm × 400 mm

duktion [1] und nach einer reaktions-schnellen Versorgung des Handels bei gleichzeitiger Minimierung der Lagerbestände unterstreichen die neuen Rahmenbedingungen. Die sich häufig ändernden Anforderungen an die MFS, die aus immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen und einer weiterhin steigenden Variantenvielfalt resultieren, haben außerdem zu einem Umdenken bezüglich der Gestaltung von MFS geführt. Während bisher Anlagen bis zu 20 Jahren mit nahezu unverändertem Layout im Einsatz waren, ist es heute oftmals bereits nach wenigen Jahren – in neuartigen Produktionssystemen sogar noch kurzfristiger – erforderlich, den Materialfluss neuen Randbedingungen anzupassen. Ein Rekonfigurieren des MFS ohne Einbußen der Betriebsbereitschaft und ohne kostspielige und risikoreiche Inbetriebnahmen und Tests ist hier die einzige Alternative zu einer Anlagenneukonzeption.

Die heute eingesetzten Materialflusselemente können den veränderten o. g. Anforderungen nur bedingt gerecht werden. Flexible Materialflusselemente, wie z. B. konventionelle fahrerlose Transportsysteme, erreichen einerseits nicht die erforder-

lichen Durchsätze, Stetigförderer, wie Rollenbahnen oder Gurtförderer, sind ihrerseits eher unflexibel und erfordern einen erheblichen Aufwand für die Integration in die bestehende Infrastruktur oder für Veränderungen derselben. In beiden Fällen wird der Materialfluss über eine zentrale, mehrstufig hierarchisch aufgebaute Struktur gesteuert, die sehr aufwändige abzustimmende Softwarelösungen erfordert. Sehr oft sind gerade die Eingriffe in eine bestehende Softwarelösung zur Änderung und Anpassung fehlerträchtig und kostspielig.

Die Steuerungstechnik heutiger Systeme verursacht, bedingt durch einen hohen Installationsaufwand für die zentrale Struktur, einen Großteil der Gesamtsystemkosten. Eine akzeptable Verfügbarkeit dieser Systeme wird – sowohl software- und hardwareseitig als auch auf mechanischer Ebene – durch den Einsatz hoch verfügbarer Einzelkomponenten, die sich in hohen Kosten niederschlagen, erreicht. Selbst eine Optimierung der bestehenden Materialflusselemente kann den genannten Anforderungen an ein zukunftsweisendes Logistiksystem nicht gerecht werden. Aus aktueller Sicht lassen sie sich nur durch eine grundlegende Veränderung im Konzept der Logistiksysteme erfüllen [2].

Nachdem die Anforderungen an moderne Logistiksysteme anscheinend offensichtlich sind, stellt sich die Frage, ob es möglich ist, grundlegend neue Konzepte für Intralogistiksysteme zu entwickeln bzw. warum sich bisher keine neuen Konzepte durchsetzen konnten. Prinzipiell sind hierfür zwei Gründe denkbar: zum einen, dass der Stand der Technik die Umsetzung grundlegend neuer Intralogistiksysteme nicht zulässt und zum anderen, dass es an grundlegend neuen Konzepten mangelt.

Der Fortschritt in den Basistechnologien verdeutlicht, dass der erstgenannte Grund nur eingeschränkt Einfluss haben kann. Vor allem Neuerungen in den Bereichen Energieübertragung und -speicherung, drahtlose Kommunikation, Sensorik und optische Szenenerfassung mit Bilderkennung, Speichermedien, Identifikationssysteme mit RFID, buskompatible Aktorik/Antriebstechnik, Mikrosystemtechnik, Fertigungsverfahren und Informatik mit dezentralen Agentensystemen und selbststeuernden Systemen haben in jüngster Vergangenheit neue technische Möglichkeiten geschaffen. Das Resultat sind einerseits Systeme, welche die bekannte Performance zu deutlich reduzierten Kosten bereitstellen oder aber eine deutliche Performancesteigerung zu autonomen Systemen bei gleichen Kosten ermöglichen.



2 Aufbauschema des neuartigen Intralogistik-Systems KARIS

(Bilder: IFL)

Von einem eingeschränkten Einfluss der Technik als Entwicklungshemmer neuer MFS kann dennoch gesprochen werden, da einige der Neuentwicklungen zwar den Stand der Forschung widerspiegeln, sich aber noch als Stand der Technik etablieren müssen.

Somit stellt sich die Frage, wie ein MFS aussehen muss, damit es die eingangs aufgeführten Anforderungen an ein modernes Logistiksystem erfüllt. Wie bei allen technischen Herausforderungen sind unterschiedliche Ansätze denkbar, um die geforderten Ziele zu erreichen. Seit einigen Jahren entstehen verschiedene Lösungsansätze, die zumindest einige der genannten Anforderungen erfüllen sollen. Bei der Betrachtung dieser Ansätze werden Gemeinsamkeiten deutlich, die als eindeutige Trends auf dem Weg zu zukunftsweisenden MFS anzusehen sind: Es wird angestrebt, einfache, kostengünstige und im laufenden Betrieb rekonfigurierbare Systeme darzustellen, indem analog zum PC versucht wird, plug&play-fähige Materialflusselemente zu entwickeln [3]. Hohe Verfügbarkeiten sollen durch hohe Redundanz gleichartiger Elemente erreicht werden. Durch große Funktionalität und geringe Spezialisierung sollen sich hohe Stückzahlen und somit geringe Stückkosten ergeben. Fast alle neuen Konzepte verfolgen dezentrale Steuerungsansätze unterschiedlicher Ausprägung, deren Dezentralitätsgrad sich in der Art der Informationsbereitstellung und der Informationsverarbeitung widerspiegelt.

### Initiativen zu dezentral gesteuerten Materialflusssystemen

Den hohen Stellenwert dezentral gesteuerter MFS verdeutlichen die zunehmenden Aktivitäten sowohl in der Forschung als auch in der Industrie. Bereits verfügbare Systeme sind Kiva Mobile Fulfillment System und Autonomous Delivery And Manipulation (ADAM) [4]. Beide Systeme erfüllen die Anforderungen an moderne Logistiksysteme nur zum Teil und kommen momentan nicht ohne Infrastruktur und zentrale Instanzen aus. Im Bereich der Forschung ist das „Internet der Dinge“ einer der entscheidendsten Vorstöße zu dezentral gesteuerten MFS. Bei dem von *ten Hompel* (Fraunhofer-IML, Universität Dortmund) vorgestellten Ansatz zum „Internet der Dinge“ handelt es sich noch nicht um ein vollständig dezentrales System, da die Topologie des MFS zentral verwaltet ist. Ein in die gleiche Richtung gehender Ansatz ist Matvar von *Günthner* (TU München, Lehrstuhl fml). Bei dem auf einer Elektrohängebahn basierenden Ansatz eines dezentral gesteuerten MFS ist die

Topologie – ebenso wie bei *ten Hompel* – zentral gespeichert. Beide Ansätze basieren auf Standard-Materialflusskomponenten und sind somit „fest verdrahtet“.

Ein deutlich weiter gehender Ansatz, der völlig auf dezentrale Strukturen verzichtet und gleichzeitig neue fördertechnische Komponenten einbezieht, ist der Flexförderer [5]. Sowohl die Erstellung der Topologie wie auch die notwendige Wegfindung und Steuerung des gesamten MFS werden per „Plug&Play“ und vollständig dezentral durchgeführt.

Eine weitere Initiative ist ARMARDA (Autonomous Reliable Material Handling Systems of Aggregated Redundant Distributed Actuators) aus den Reihen der WGTL (Wissenschaftliche Gesellschaft Technische Logistik) [6]. Die Idee von ARMARDA besteht darin, intralogistische Aufgabenstellungen mithilfe autonom agierender Materialflusskomponenten zu lösen, die dank ihrer Austauschbarkeit eine hohe Redundanz bieten. Eine Weiterentwicklung von ARMARDA ist KARIS (Kleinskaliges Autonomes Redundantes Intralogistik-System), ein Projekt der „Arbeitsgemeinschaft Technologie Intralogistik Baden-Württemberg“ (AGT Intralogistik BW), das vom Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) der Universität Karlsruhe (TH) angestoßen wurde. Nachdem solche neuartigen Ansätze der Materialflusstechnik bekannt sind und vor allem die Intralogistik offensichtlich durch den Wandel des Anforderungsprofils an ein neuzeitliches MFS auch dessen Einsatz verlangt, sollten diese neuen Lösungen auch in die reale Welt umgesetzt werden.

### Modulares Intralogistik-System KARIS

Mit KARIS leistet die AGT Intralogistik BW einen Beitrag zu einem modularen MFS, das auf eine Infrastruktur weitestgehend verzichten kann und sich vollständig dezentral steuern lässt. Das Kernelement und gleichzeitig das kleinskaligste Element in KARIS ist das Einzelmodul (Abmessungen 500 mm × 500 mm × 400 mm), das an der Oberseite einen Förderantrieb und an der Unterseite einen Fahrtrieb hat (Bild 1). Als autonome Einheit kombiniert es die Funktionen wie Fortbewegung, Navigation, Energieversorgung, Auftragsverwaltung und Kommunikation in einem. Durch den Verzicht auf Spezialisierung kann jedes Element Aufgaben redundant von anderen Einzelementen übernehmen und damit stets eine hohe Systemverfügbarkeit gewährleisten. Ein Einzelement (EE) ist in der Lage, eine „kleine“ Förder Einheit selbstständig abzuholen, zu übernehmen, zu transportieren und zu übergeben. Dem Verhalten von Ameisen abgeschaut,

könnten durch den Zusammenschluss mehrerer Module zu Funktionsclustern Aufgaben übernommen werden, die ein einzelnes EE nicht übernehmen kann. Prinzipiell werden zwei Clustervarianten unterschieden:

- ▶ Unstetig-Cluster
- ▶ Stetig-Cluster.

Beim Unstetig-Cluster schließen sich mehrere EE zusammen, um eine größere, schwerere Fördereinheit aufzunehmen und zu transportieren (Bild 2). Der dynamisch aufgebaute Unstetig-Cluster kann eine oder mehrere Fördereinheiten analog einem FTS befördern. Beim Stetig-Cluster schließen sich ebenfalls mehrere EE zusammen, um eine Aufgabe zu übernehmen, die das Zusammenspiel mehrerer EE erfordert. Ziel ist hierbei ein hoher Durchsatz durch den temporären Aufbau eines Stetigförderers. Dieser kann durch Anordnung der einzelnen EE mit Verzweigungen und Zusammenführungen aufgebaut werden. Nach Abschluss eines Auftrags stehen die EE eines Funktionsclusters wieder für neue Aufgaben zur Verfügung. Der komplette Materialfluss eines Intralogistik-Systems kann somit durch EE oder Funktionscluster abgebildet werden.

Im Fokus der Umsetzung von KARIS steht die konstruktive Gestaltung des EE, da hier Flexibilität, Robustheit und ein hoher Grad an funktionaler Autonomie erforderlich sind, was wiederum besondere Anforderungen an die Mechanik, Sensorik, Steuerung, Energie und Verwaltung des Systems stellt – immer unter Beachtung des Kostenaspekts. Diese Aufgabe, kombiniert mit

dem zur Verfügung stehenden Bauraum, erfordert neue Denkansätze. Dazu gehören z. B. omnidirektionale Förderantriebe, die kleiner und leichter als heutige Konstruktionen sind. Erforderlich sind ebenso Hub- und Neigungstechniken, die Höhenunterschiede von knapp dem Dreifachen ihres Ausgangszustands bis auf Arbeitsplatzhöhe zulassen, und Fahrtriebe, die omnidirektionales, möglicherweise sogar holo-nomes Fahren ermöglichen. Für komplexe und „schwere“ Aufgaben, die nur durch Zusammenschluss mehrerer EE gelöst werden können, ist eine Kopplung notwendig, die neben der mechanischen Verbindung die Übertragung von Daten und Energie ermöglicht. Im Bereich der Sensorik sind völlig neue Wege zu gehen, um für Lokalisation, Fördergutererkennung, Personenschutz oder Identifizierung von Objekten Lösungen zu finden. Idealerweise ist hierzu die Entwicklung komplett neuer, intelligenter Sensoren bzw. Sensorprinzipien notwendig. Ein weiterer Aspekt ist die Versorgung der EE mit Energie, die durch die Möglichkeit des spurfreien Fahrens einen „Onboard“-Energiespeicher entsprechender Kapazität erfordert. Hier sind Fragen zur dezentralen Energieversorgungskonzepten generell zu beantworten. Die größte Herausforderung ist jedoch die dezentrale Steuerung des Systems, beginnend bei der Steuerungsplattform, die solche Aufgaben, wie die Navigation oder eine temporär autonome Steuerung der EE, übernimmt. Besonders anspruchsvoll ist hierbei die Entwicklung von Algorithmen zur Objektunterscheidung oder zur dezentralen Aufgabenverwaltung.

### AGT Intralogistik BW als Innovationstreiber

Für das Projekt KARIS konnte eine neuartige Kooperation zwischen Industrieunternehmen und Hochschulen in Baden-Württemberg initiiert werden. Das erklärte Ziel ist die vorwettbewerbliche Entwicklung innovativer Intralogistiksysteme und -komponenten. Das baden-württembergische Konsortium, die AGT Intralogistik BW, ist im Intralogistik-Netzwerk BW e.V. organisiert. Neben der Begeisterung in den eigenen Reihen, die sich u. a. in den eigenfinanzierten Leistungen der Industriepartner widerspiegelt, konnte die AGT auch das Landesministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst vom innovativen Ansatz des Forschungsvorhabens überzeugen und eine Förderung der beteiligten Hochschulinstitute aus Mitteln der Landesstiftung erreichen. Mitglieder der AGT sind auf Hochschulseite die Universität Karlsruhe, die Universität Freiburg und die FH Esslingen sowie auf Industrieseite die Unternehmen Sick, SEW-Eurodrive,

Pepperl + Fuchs, Leuze electronic, ebmpapst, viastore systems, August Faller, Grenzbach Automation, Dr. Thomas + Partner sowie Etifix. Die in der AGT Intralogistik BW organisierten Partner sind über ihre Mitgliedschaft im Intralogistik-Netzwerk BW e.V. hinaus durch einen Kooperationsvertrag verbunden. Geplant ist, bis Ende 2009 ein lauffähiges Labormodell von kooperierenden KARIS-Elementen auf der Versuchsfläche des IFL Karlsruhe zu realisieren. □

### Literatur

- [1] *Furmans, K.; Schleyer, M.; Schönung, F.:* A Case for Material Handling Systems, Specialized on Handling Small Quantities, IMHRC, 2008.
- [2] *Furmans, K.; Mayer, S.:* Intralogistik. Die Zukunft liegt in einem Neuanfang. In: Schweizer Logistik-Katalog 2008, S. 50-51.
- [3] *Schönung, F.:* Der Traum: Plug&Play-Intralogistiksysteme – Wege zur Realisierung. do it.Konferenz, Stuttgart, 14.10.2008.
- [4] Kiva Mobile Fulfillment System (MFS) und Autonomous Delivery And Manipulation (ADAM). Kiva Systems Inc., Woborn (MA, USA)
- [5] *Furmans, K.; Mayer, S.:* Modularer Flexförderer für die Materialflussautomatisierung. Vollständige Dezentralität wird zur Wirklichkeit. Hebezeuge Fördermittel, Berlin 48(2008)12, S. 740-742.
- [6] *Overmeyer, L.; Falkenberg, S.; Heiserich, G.; Jungk, A.:* Innovative Gestaltung von Intralogistik durch Kopplung kleinskaliger Systeme. Düsseldorf: VDI-Berichte Nr. 1978, 2007.

**Ing. grad.**  
**Heinrich Hippenmeyer**  
ist Senior Consultant  
(Strategisches  
Technologiemanagement)  
bei der Sick AG in Waldkirch



**Prof. Dr.-Ing.**  
**Kai Furmans**  
ist Leiter des Instituts für  
Fördertechnik und  
Logistiksysteme (IFL) der  
Universität Karlsruhe (TH)



**Dipl.-Ing.**  
**Thomas Stoll**  
ist wissenschaftlicher  
Mitarbeiter im Institut  
für Fördertechnik und  
Logistiksysteme (IFL) der  
Universität Karlsruhe (TH)



**Dr.-Ing.**  
**Frank Schönung**  
ist Leiter der Abteilung  
Modulare Fördersysteme  
am Institut für Fördertechnik  
und Logistiksysteme (IFL) der  
Universität Karlsruhe (TH)

