



Schwerlast-Outdoor-FTS

# Logistiksystem für den automatischen Materialfluß auf Werksgeländen

Dr.-Ing. K.H. Wehking, Geschäftsführer der Rolotec, Roboter- und Logistik-Technologie GmbH, Dortmund

Eine weitere Grundlage für das neue System ist daher der besonders abgesicherte Automatikbetrieb, der sich in die manuell gesteuerten Transportabläufe mit Gabelstaplern, Schleppern, Lkw einfügt; fallweise zählt dazu noch der Bahnbetrieb (Abb. 1).

Parallel mit der Markteinführung verläuft die Entwicklung weiterer Systemeinheiten. Dazu gehören sogenannte Aktivschlepper für Traglasten bis 18 t und für den oberen Bereich bis 30 t bzw. 40 t, ferner eine Geschwindigkeitserhöhung auf 15 km/h sowie der Einsatz alternativer Antriebe diesel- oder gashydraulischer Art.

## Wirtschaftlichkeit und Technik

In den letzten 20 Jahren haben sich automatisch fahrerlose Flurförderzeuge (FTS) einen festen Platz im innerbetrieblichen Materialfluß erobert. Sie sind integrale Bestandteile moderner, häufig in die CIM (Computer Integrated Manufacturing)-Philosophie eingebundener Materialflußsysteme. Der Einsatz von FTS beschränkt sich gegenwärtig aber fast ausschließlich auf den Indoor-Bereich. Die Werkstransporte innerhalb eines Fabrikareals hingegen, die Transporte von einem Fabrikgebäude mit Lagern zu anderen Gebäuden mit Montagen und Fertigungen übernehmen fast ausschließlich konventionelle Systeme wie Gabelstapler, Schlepper oder Lkw. All diese Transportfahrzeuge sind fahrgelenkt und benutzen die normalen Werksstraßen. Eine Einbindung dieser manuell geführten Systeme direkt in eine computerintegrierte Logistik ist nur schwer oder gar nicht zu realisieren. Herkömmliche Konzeptionen,

**Nach abgeschlossenen Testreihen mit Langzeiteinsatz in der Praxis beginnt nun die Weiterentwicklung bis zur Serienreife und die Markteinführung eines fahrerlosen Flurförderzeug-Systems – FTS mit der Typenbezeichnung Logstar – für den Betrieb auf werksinternen Straßen. Kennzeichnend für die erste Systemausführung ist der Transport von Lasten bis zu 9 t, dazu die Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h (batteriegespeiste Antriebe) und die volle Integration in den bestehenden Werksverkehr.**

beispielsweise in der Chemie- oder Automobilfabrikation, verlangen für den Transportbetrieb nicht selten 500 bis 1000 Beschäftigte.

Vier Punkte sprachen bisher gegen eine ganz oder teilweise Automation dieser innerwerklichen Transporte:

- Automatische Systeme müssen im Mischverkehr arbeiten (Abb. 2, 3), d.h. auf Werksstraßen, die auch von Fußgängern, Zweiradfahrern, sowie den herkömmlichen Transportträgern benutzt werden. Die Einrichtung von separaten, für den Normalverkehr gesperrten Straßenteilen für automatische Systeme, ist

nicht möglich, da im allgemeinen hierfür die Platzverhältnisse nicht ausreichen oder der Kostenaufwand für das Gesamtsystem dann zu hoch wäre.

- Transporte im innerwerklichen Verkehr fordern häufig, entweder hohe Einzellasten oder viele kleine Lasten zusammen zu transportieren. Das verlangt nach hohen Zuladungsmöglichkeiten der Fahrzeuge.
- Um den übrigen, nicht automatisierten Verkehrsfluß nicht zu stören, darüber hinaus aus wirtschaftlichen Gründen, muß das FTS im Outdoor-Einsatz etwa 3–4 mal

schneller (ca. 10–15 km/h) fahren als im Indoor-Einsatz.

- Die allgemeinen Sicherheitsanforderungen an FTS-Systeme in Werkshallen werden für den Außeneinsatz durch die Witterungseinflüsse und die höheren Geschwindigkeiten drastisch verschärft. Sicherheitseinrichtungen, wie im Indoor-Bereich eingesetzt, sind hier nicht ausreichend.

## Verlauf und Stand der Entwicklung

Im Jahre 1985 bildete sich im Rahmen einer umfangreichen Materialflußanalyse des Chemiewerkes Klybeck, Ciba Geigy-Konzern, in Basel erstmalig die Idee für einen automatischen Transport innerhalb eines Chemiewerkareals. Der Konzern hat sich anschließend dazu entschlossen, ein Prototypensystem zu realisieren, bestehend aus je einem Schleppzug und einer automatischen Be- und Entladestation. Die Konstruktion, den Bau und die Piloteinführung übernahm das Schweizer Ingenieurbüro Rolotec, Roboter und Logistik AG.

Das Layout des Fahrkurses im Werk Klybeck der Ciba Geigy AG besteht aus einem Rundkurs von 1819 Metern, verbunden wird ein Lager mit einer Farbproduktion. Der Transportweg enthält sowohl eine Tunneldurchfahrt mit 6% Neigung als auch die Überfahrt einer Werksbrücke und auch die Überquerung von Schienenanlagen eines naheliegenden werksinternen Rangierbahnhofes (Abb. 3).

Das Gesamtsystem besteht aus einem Schleppzug (Abb. 4, 5). Hauptsächliche Komponenten sind der Sicherheitsvorwagen, der eigentliche Hauptschlepper mit zwei je 9

Abb. 1: Schwerlast-Outdoor-FTS für die computerintegrierte Logistik. An erster Stelle stehen Transporte zwischen den Fabrikgebäuden, beispielsweise die Verbindung zwischen Lagern und den Fertigungen oder Montagen

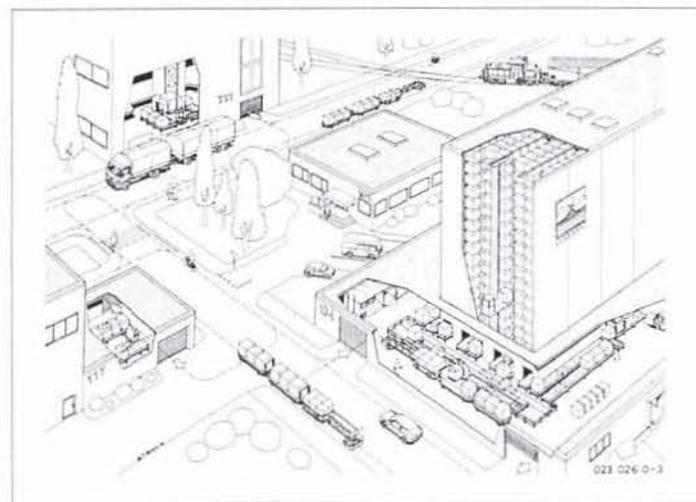
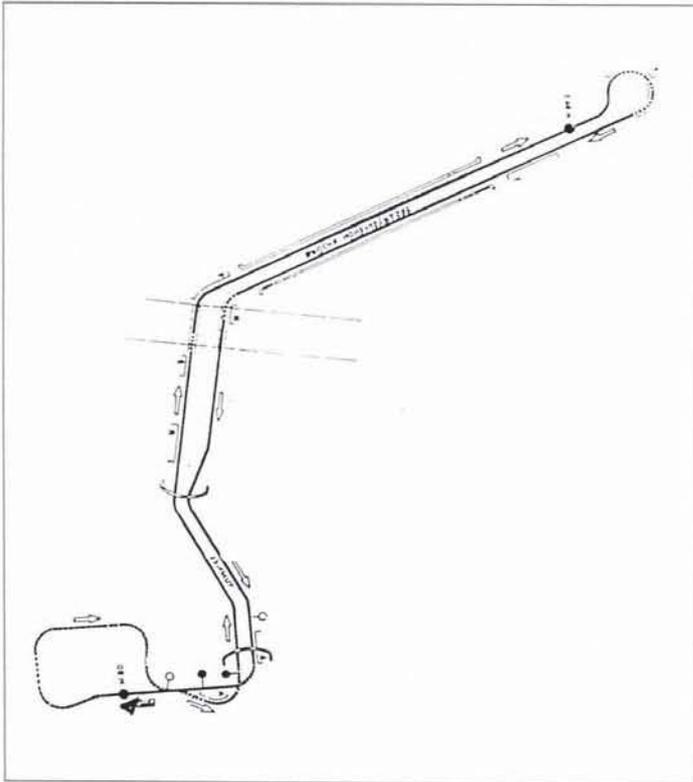




Abb. 2: Den Testeinsatz in der Praxis bestand das Outdoor-FTS für zweimal 4,5 t Nutzlast und 10 km/h Fahrgeschwindigkeit erfolgreich in mehr als 3000 Betriebsstunden im Rahmen eines innerwerklichen Mischverkehrs bei der Ciba Geigy

Abb. 3: Layout des Logstar-Fahrkurses im Ciba Geigy Werk Klybeck in Basel. Ein Ringkurs von 1819 m Gesamtlänge verbindet ein Lager mit der Farbenproduktion. Besondere Teile der Fahrstrecke sind eine Tunneldurchfahrt mit 6% Neigung, das Passieren einer Werksbrücke und das Überqueren von Schienenanlagen



KW-Elektroantriebsmotoren (Batteriespeisung) sowie zwei Anhängern für eine Nutzlast von  $2 \times 4,5$  Tonnen. Die maximale Schleppzug-Geschwindigkeit beträgt derzeit 10 km/h. Dadurch ist das System in der Lage, das kom-

plette Layout in einer Zykluszeit von 22–24 Minuten zu durchfahren. Die Be- und Entladezeiten liegen bei etwa 9 min Gesamtzeit, je Paletten-transfer entfallen 45 Sekunden. Eine weitere Systemeinheit bilden die Übergabesta-

tionen für die automatische Be- und Entladung der Lastanhänger mit palettierten Gütern.  
Die Güter werden auf einer Rollenbahn gepuffert und von hier automatisch über ein Drehhubwerk mit Teleskopfunktion auf den Lastzug übergeben. Zudem ergänzt die Ortsinstallation das System, im einzelnen bestehend aus der Bodeninstallation, der Kommunikationseinrichtung und der ortsfesten Steuerung.

## Sicherheitssystem

Die Sicherheitsphilosophie für das Logstar-System führte zu einem Zweifach-Sicherheitssystem (Abb. 6, 7). Im normalen Betriebszustand wird vom Vorwagen aus durch drei Ultraschallsensoren der Raum von 0–10 Metern vor dem eigentlichen Sicherheitsvorwagen kontinuierlich überwacht. Die Signale werden an einen speziellen Hindernisrechner weitergegeben, der alle im Sicherheitsraum befindlichen Hindernisse analysiert. Entsprechend den einzelnen Sicherheitszonen (Abb. 6), schaltet der Hindernisrechner dann die Fahrgeschwindigkeit des FTS automatisch von der Normalgeschwindigkeit von 10 km/h auf die jeweils niedrigere Geschwindigkeitsstufe herunter. Dieses »elektronische Auge« der Sicherheitseinrichtung arbeitet getrennt von der mechanischen Si-

cherheitseinrichtung (Abb. 6, oben). Der Vorwagen hat einen Sicherheitsbumper, der über einen Schaltweg von 2,5 cm Länge ausgelöst wird. Im Auslösungsfall laufen zeitparallel folgende Funktionen ab:

- Entriegelung der Schere, die die mechanische Verbindung zwischen Vorwagen und Hauptwagen herstellt und die durch Gummizüge jederzeit unter Vorspannung steht. Hierdurch wird nach Entriegelung der gesamte Vorwagen in Richtung Hauptwagen gezogen.
- Auslösen der Bremsen des Sicherheitsvorwagens, dadurch wird ein weiterschieben des Sicherheitsvorwagens oder ein »Verrücken« des Hindernisses verhindert.
- Auslösen der Bremsen des Schleppers und der Anhänger. Jedes Rad des Schleppers besitzt Scheibenbremsen mit Doppelbremschuhen; jedes Rad des Anhängers besitzt Scheibenbremsen mit Einfachbremschuhen. Die Bremsen werden hydraulisch gelüftet und sind durch ihren besonders großen Bremsdurchmesser in der Lage, das Gesamtsystem – unabhängig von den Witterungsbedingungen – auf einer Distanz von 2,5 Metern zum Halten zu bringen.

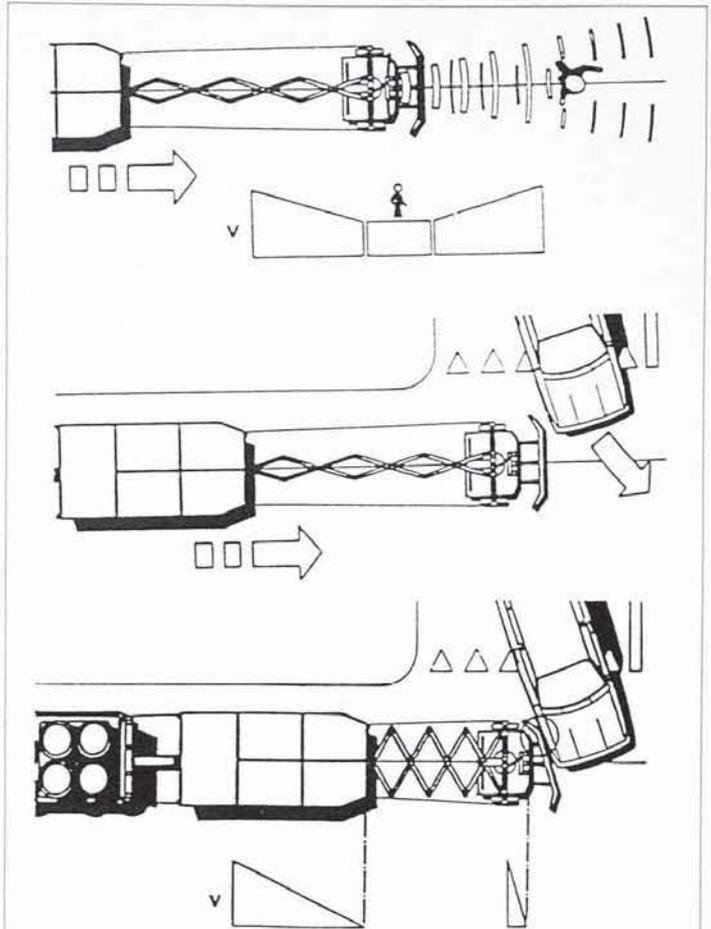
Abb. 4: Automatischer Schleppzug an der Beladestation. Zur Ausrüstung gehört hier eine konventionelle Fördertechnik für die Zu- und Abführung sowie die Übergaben palettierter Güter. Wesentliche Kennzeichen des Logstar-Systems sind der Sicherheitsvorwagen und der eigentliche Schlepper mit batteriebetriebenen Elektromotoren



**Rolotec GmbH in Kürze**

Das Arbeitsgebiet der Gesellschaft konzentriert sich auf die Weiterentwicklung einer neuen Schwerlast-FTF-Familie (Fahrerlose Transport Fahrzeuge) mit der Typenbezeichnung Logstar.

Eine Entwicklungslinie erstreckt sich von den erarbeiteten Vorstudien für den Einsatz neuer Schwerlast-FTF in Form von Pilotanwendungen. Schließlich bildet hier die Vermarktung der nach Tragfähigkeit, Fahrgeschwindigkeit und beispielsweise auch Antriebsart neu definierten Transporteinheiten einen Abschluß. Als Entwicklungsbudget stehen der Gesellschaft für die Jahre von 1989 bis 1992 rund 7,8 Mio. DM, davon 40% als Förderungsmittel des Landes Nordrhein-Westfalen, zur Verfügung. Dieser Gesamtbetrag enthält auch die Aufwendungen für drei weitere Pilotprojekte. Sitz der Firma Rolotec GmbH ist der Technologiepark Dortmund wo dem Unternehmen neben den Büros auch eine Testhalle zur Verfügung steht. Die Adresse: Martin-Schmeisser-Weg 6, 4600 Dortmund 50. Geschäftsführer der Gesellschaft sind Walter Krieg (Verwaltungsratsvorsitzender der Digitron AG in Brügg/Biel (Schweiz) und Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking.



Geschwindigkeitsreduktion auf/ speed-reduction to

- $v_4 = 10 \text{ km/h}$
- $v_3 = 5 \text{ km/h}$  bei 10 m
- $v_2 = 3 \text{ km/h}$  bei 6 m
- $v_1 = 0,5 \text{ km/h}$  bei 4 m
- $v_0 = 0 \text{ km/h}$  bei 2 m
- $v_{00} = \text{Schnellstop/ emergency stop}$

Abb. 6: Prinzipielle Wirkungsweise der Sicherheitseinrichtungen: Drei Ultraschallsensoren überwachen kontinuierlich den vorausliegenden 10-m-Bereich. Die Signale gelangen zu einem speziellen Hindernis-Rechner. Taucht ein Hindernis auf, schaltet der Rechner, den Sicherheitszonen entsprechend, die FTS-Fahrgeschwindigkeit auf den nächst kleineren Wert

Abb. 7: Der Sicherheitsbumper am Vorwagen löst bei einem Schaltweg von 2,5 cm die Bremsung aus

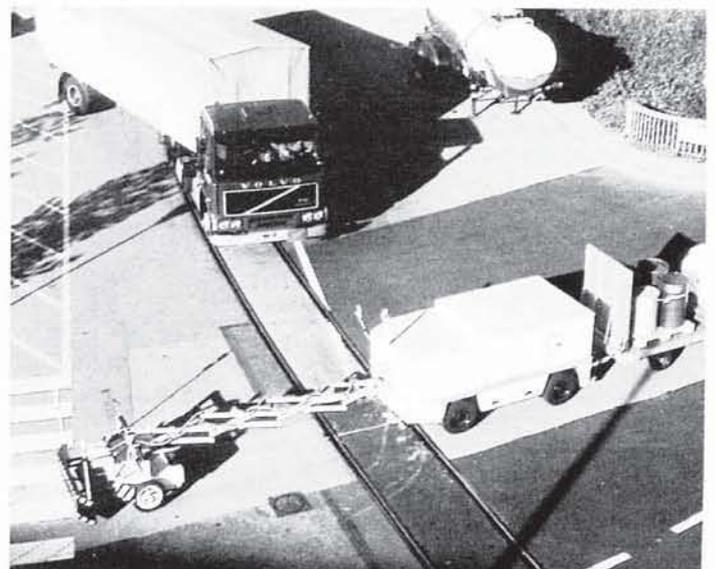


Abb. 5: Zur richtigen Anordnung des Logstar-Fahrwegs nach der jeweiligen Aufgabenstellung gehört auch die streckenoptimierung in bezug auf den nicht angefahrenen Gebäudekomplex. So bietet die enge Streckenführung entlang den Gebäuden beispielsweise eine Voraussetzung für den unbehinderten Lkw-Verkehr auf den Werksstraßen

Da der Sicherheitsvorwagen durch die Scherenkonstruktion und den Sicherheitsbumper einen möglichen Halteweg von 3,5 Metern zuläßt, der maximale Bremsweg aber nur 2,5 Meter beträgt, ist das Gesamtsystem auf jeden Fall in der Lage, bei einer Störsituation – unabhängig von der Ultraschallüberwachung – das Gesamtsystem zu einem gesicherten Not-Stopp zu bringen.

**Betriebserfahrungen**

Das Schleppzugsystem ist seit dem Winter 1986/1987 im Einsatz und hat bereits über 3000 Betriebsstunden abgeleistet. Es wird im ein-

schichtigen Betrieb genutzt und hat derzeit eine durchschnittliche Transportkapazität von 120–140 Paletten je 8-Stunden-Schicht. Das Gesamtsystem der Pilotanlage bei der Ciba-Geigy AG ist von der SUVA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) zugelassen. Die Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß sich mit diesem System eines schnellfahrenden Schwerlast-Outdoor-FTS die eingangs geschilderte Automatisierungslücke in den Unternehmen schließen läßt. Auf Basis der Betriebserfahrungen sowie eingehender Schwachstellenbewertungen und Marktanalysen hat man sich dazu entschlossen, die

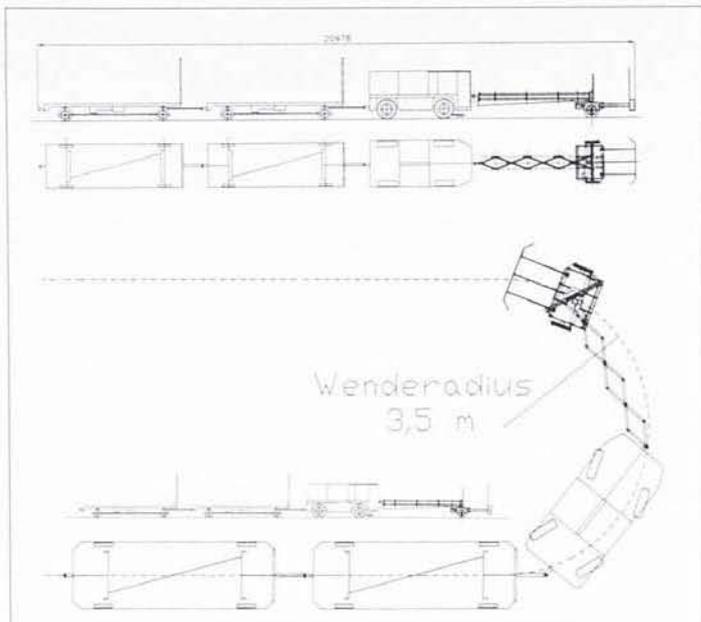


Abb. 8: Der Logstar-Schleppzug von rund 21 m Länge hat einen Wenderadius von 3,5 m. Die Längen verteilen sich etwa zu einer Hälfte auf Vorwagen, Schere, Schlepper und zur anderen Hälfte auf die zwei Anhänger

zu diesem System gehörenden Patente nicht zu verkaufen, sondern durch die neu gegründete Firma Rolotec, Roboter- und Logistik-Technologie, mit Sitz im Technologie Zentrum Dortmund, die Überarbeitung des Systems bis zu Serienfahrzeugen und die technologische Erweiterung der Systemidee voranzutreiben. Die Firma Rolotec GmbH in Dortmund wird in den nächsten 3 Jahren diese Arbeiten durchführen, eine Familie von modular aufgebauten FTS-Outdoor-Fahrzeugen entwickeln und in Verbindung mit drei weiteren Pilotanlagen in den Markt einführen.

## Weiterentwicklungen

Ziel der Piloterprobung bei der Ciba Geigy AG in Basel war es, grundsätzlich nachzuweisen, daß es möglich ist, Fahrzeuge im innerwerklichen Transport im Außeneinsatz zu automatisieren, und dabei die vier eingangs aufgeführten Punkte zu erfüllen:

- Einsatz von FTS im Mischverkehr
- Realisierung großer Traglasten
- Einhaltung der Sicherheitsanforderungen für den Außeneinsatz
- Realisierung von Fahrgeschwindigkeiten 10 km/h.

## Planungsgrundlagen

Um in Zukunft einen breiten Einsatz von Outdoor-FTS

vom Typ Logstar in den verschiedensten Wirtschaftsbereichen zu ermöglichen, wurden »Eck-Leistungs-Parameter« für eine zukünftige FTS-Familie entwickelt (Abb. 8). Die zu entwickelnde FTS-Familie besteht im wesentlichen aus drei unterschiedlichen Zugfahrzeugen. Es handelt sich dabei um einen reinen Elektroschlepper (E-Schlepper) zum Ziehen von bis zu zwei Anhängern und um zwei sogenannte Aktivschlepper (A-Schlepper). Die beiden Aktivschlepper decken zwei Traglastbereiche (18 Tonnen und 40 Tonnen) ab und sind in der Lage, sowohl als Unterfahrschlepper zu arbeiten als auch gleichzeitig bis zu zwei Anhängern zu ziehen.

Alle Konstruktionen werden so gestaltet, daß, je nach zukünftiger Applikation, eine leichte Anpassung der Zugschlepper und vor allem der Anhänger an die jeweiligen Betriebsnotwendigkeiten möglich wird. Dies gilt sowohl für die Dimension der Anhänger als auch für die Lastübergabevorrichtungen. Die Art der Übergabeeinrichtungen, z. B. passiv wie bei der realisierten Pilotanlage, oder aktiv mit Rollen- oder Kettenförderer bzw. Hubeinrichtung, richtet sich nach den zukünftigen Anwendungen.

Entsprechend diesen Planungsgrundlagen ergeben sich die folgenden Arbeitsschwerpunkte:

- Konstruktive Änderungen zur Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf mindestens 15 km/h. Dies betrifft den Vorwagen, die Hinderniserkennung und die Antriebstechnik
- Erhöhung der Traglasten der Anhänger von bisher 4,5 t auf Schwerlasten
- Konstruktion eines Unterfahrschleppers für Schwerlasten
- Berücksichtigung eines 3-Schicht-Betriebes durch einen alternativen Antrieb (dieselhydraulisch, gashydraulisch)
- Realisierung alternativer Spurführungstechniken.

Mit den Logstar-Fahrzeugen bestehen die Voraussetzungen, eine der letzten Automatisierungslücken im Bereich der Logistik zu schließen. In Zukunft wird es daher möglich sein, hohe Lasten über große Entfernungen im Außenbereich von Werksarea-

len automatisch zu transportieren. ■

## Vita

Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking arbeitete, nach abgeschlossenem Studium des allgemeinen Maschinenbaus an der Universität Dortmund, ab 1983 zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Förder- und Lagertechnik unter Prof. Jünnemann. Nach seiner Promotion 1986 erfolgte die Ernennung zum Oberingenieur am Lehrstuhl und zum Abteilungsleiter am Fraunhofer-Institut für Transporttechnik und Warendistribution, ITW, Dortmund. Hier gehörte der Aufbau einer Abteilung für Entsorgungslogistik zu seinen Aufgaben.