



Logistiksystem für den automatischen Materialfluss auf Werksgeländen

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

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. 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 automatische fahrerlose Flurförderzeuge (FTS) einen festen Platz im innerbetrieblichen Materialfluss erobert. Sie sind integrale Bestandteile moderner, häufig in die CIM (Computer

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.

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. Alle diese Transportfahrzeuge sind fahrer gelenkt 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, 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 Au-

– Transporte im innerwerklichen Verkehr fordern häufig, entweder hohe Einzellasten oder viele kleine Lasten zusammen zu transportieren.

Abb. 1: FTS-System für die computerintegrierte Logistik. Im Vordergrund stehen die Transporte zwischen den Fabrikgebäuden, um Lager mit den Fertigungen oder Montagen zu verbinden

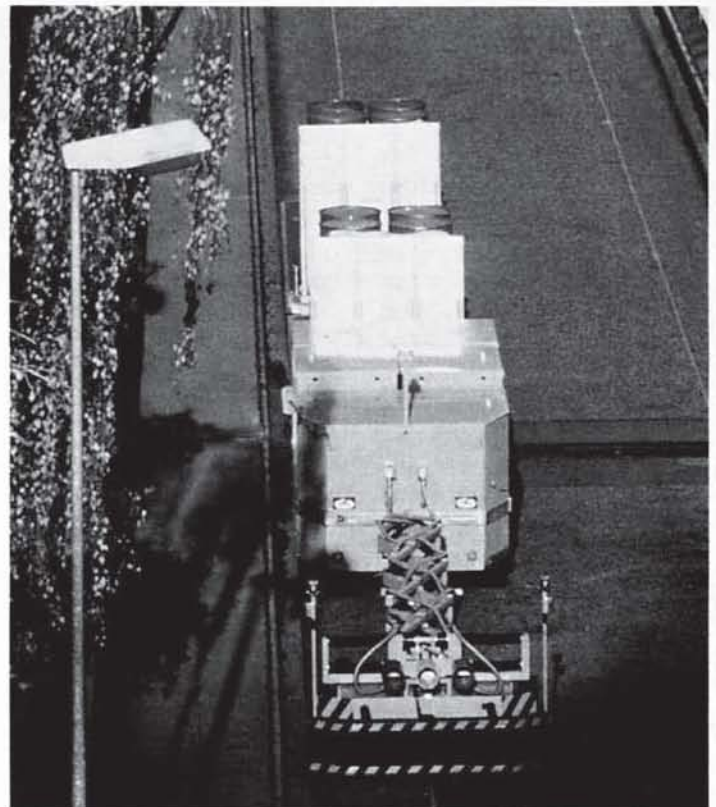
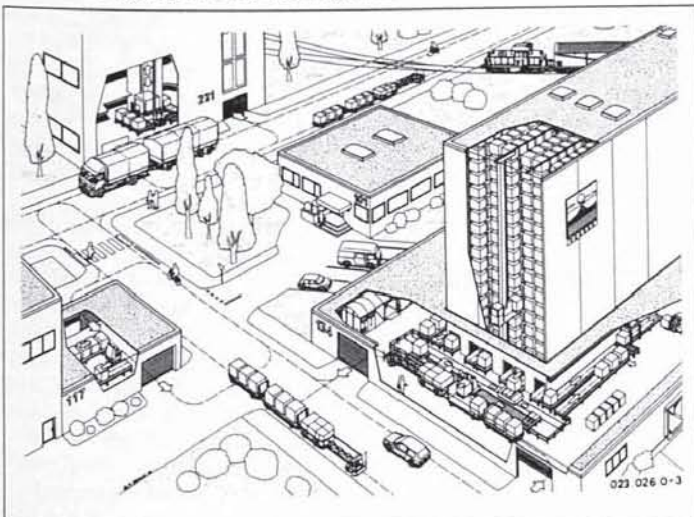


Abb. 2: Fahrerloses Transportsystem, Typ Logstar, im innerwerklichen Mischverkehr. Praxiseinsatz eines Prototyps für zweimal 4,5 t Nutzlasten und 10 km/h Fahrgeschwindigkeit

tomation dieser innerwerklichen Transporte:

– Automatische Systeme müssen im Mischverkehr arbeiten (Abb. 2), 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.

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

Rolotec GmbH, Dortmund
Roboter + Logistik Technologie

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 ist gegenwärtig das Technologiezentrum in Dortmund. Adresse: Emil-Figge-Str. 76, D-4600 Dortmund 50, Tel. 02 31/7 54 73 65. Im August 1990 bezieht Rolotec ein Gebäude im Technologiepark Dortmund und verfügt dann neben den Büros auch über eine Testhalle. Spätere Adresse: Martin-Schmeisser-Weg 6, D-4600 Dortmund 50. Geschäftsführer der Gesellschaft sind Walter Krieg und Dr. Ing. Karl-Heinz Wehking.

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 Prototypsystem zu realisieren, bestehend aus je einem Schleppzug und einer au-

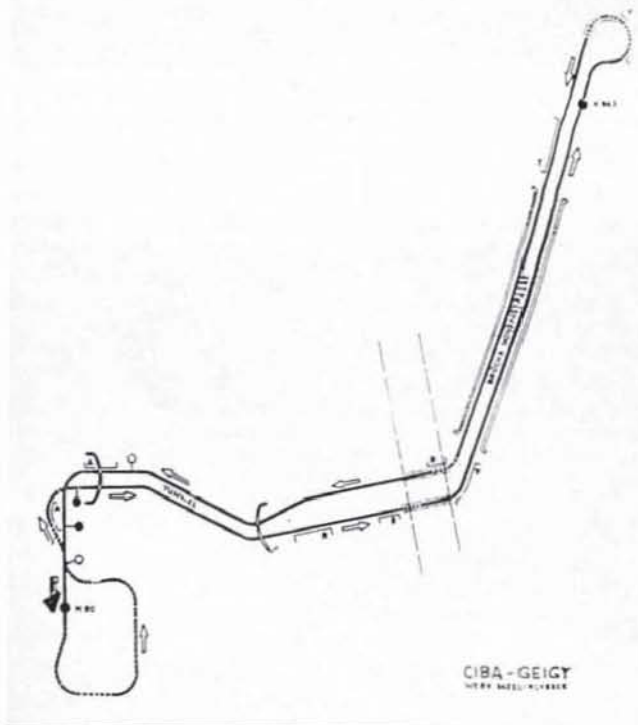
tomatischen Be- und Entladestation. Die Konstruktion, den Bau und die Piloteinführung übernahm das Schweizer Ingenieurbüro Rolotec, Roboter und Logistik AG.

Das Layout des Fahrkurses im Werk Klybeck der Ciba Geigy AG besteht aus einem Rundkurs von 1819 m, 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 nahelie-



Abb. 4: Automatischer Schleppzug an der Beladestation für palettierte Güter. Kennzeichnend für das System sind der Sicherheitsvorwagen und der eigentliche Schlepper mit batteriebetriebenen Elektromotoren

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



genden 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 kW-Elektroantriebsmotoren (Batteriespeisung) sowie zwei Anhängern für eine Nutzlast von 2 x 4,5 Tonnen. Die maximale Schleppzug-Geschwindigkeit beträgt derzeit 10 km/h. Dadurch ist das System in der Lage, das komplette Layout in einer Zykluszeit von 22-24 min zu durchfahren. Die Be- und Entladezeiten liegen bei etwa 9 min Gesamtzeit, je Palettentransfer entfallen 45 s. Eine weitere Systemeinheit bilden die Übergabestationen 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). Im normalen Betriebszustand wird vom Vorwagen aus durch drei Ultraschallsensoren der Raum von 0 bis 10 m vor dem eigentlichen Sicherheitsvorwagen kontinuier-

lich 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 Sicherheitseinrichtung (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 Weiterschleichen 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 Anhän-

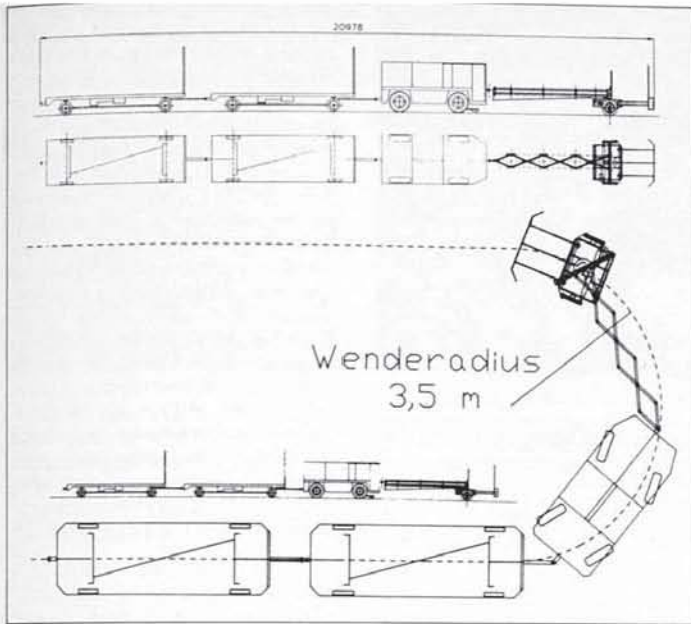
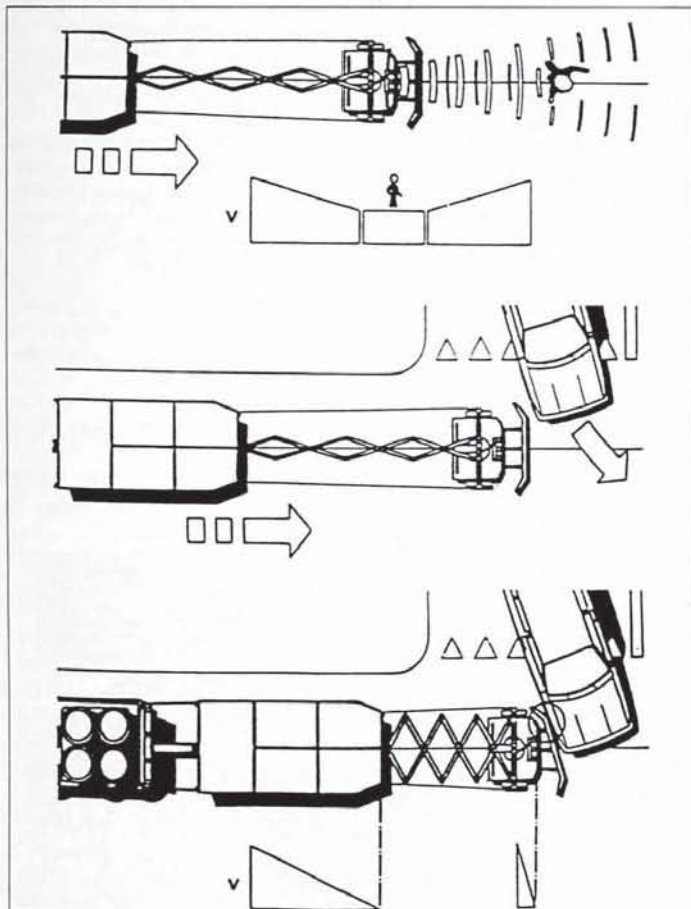


Abb. 5: Der gesamte Schleppzug von rund 21 m Länge besitzt einen Wendekreis von 3,5 m. Die Längen verteilen sich etwa zu einer Hälfte auf Vorwagen, Schere und Schlepper und zum anderen auf die zwei Anhänger

Abb. 6: Prinzipielle Wirkungsweisen der Sicherheitseinrichtungen. Drei Ultraschallsensoren überwachen kontinuierlich den vorausliegenden 10 m-Bereich. Der Sicherheitsbumper am Vorwagen löst bei einem Schaltweg von 2,5 cm die Bremsung aus



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
- $v_{00} = \text{Schnellstop/ emergency stop}$

gers besitzt Scheibenbremsen mit Einfachbremsschuhen. 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 m zum Halten zu bringen.

Da der Sicherheitsvorwagen durch die Scherenkonstruktion und den Sicherheitsbumper einen möglichen Halteweg von 3,5 m zulässt, der maximale Bremsweg aber nur 2,5 m 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. Es wird im einschichtigen Betrieb genutzt und hat derzeit eine durchschnittliche Transportkapazität von 120 bis 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 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 $> 10 \text{ km/h}$.

Planungsgrundlagen

Um in Zukunft einen breiten Einsatz von Outdoor-FTS vom Typ Logstar in den verschiedensten Wirtschaftsbranchen zu ermöglichen, wurden «Eck-Leistungsparameter» für eine zukünftige FTS-Familie entwickelt (Abb. 7). 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 Anhänger 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 die Lastübergabevorrichtungen. Die Art der Übergabeeinrichtungen, z.B. passiv wie bei der realisierten Pilotanlage, oder aktiv mit Rollen- oder Kettenförderer bzw. Hubeinrichtungen, richtet sich nach den zukünftigen Anwendungen.

Abb. 7: Nach definierten Rahmenwerten festgelegte Entwicklungsziele der Logstar-Fahrzeugfamilie mit der Unterteilung E- und Aktiv-Schlepper, unter anderem für Zuladungen bis 40 t

Fahrzeugfamilie	E-Schlepper		Alternative Antriebe	
	Pilotanlage Ciba-Geigy	verbesserte Konstruktion	Aktiv-Schlepper	
			klein	groß
Gesamtzuladung [T]	9	10	18	30 / 40
Zuladung Schlepper [T]			6	10 / 13
Zuladung Anhänger [T]	4,5	5	6	10 / 13
Anzahl Anhänger	2	2	2	2

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 Schwerstlasten
- Konstruktion eines Unterfahrschleppers für Schwerstlasten
- Berücksichtigung eines 3-Schicht-Betriebes durch einen alternativen Antrieb (dieselhydraulisch, gashydraulisch)
- Realisierung alternativer Spurführungstechniken.

Mit den Logstar-Fahrzeugen bestehen die Voraussetzungen, eine der letzten Automatisie-

rungslücken im Bereich der Logistik zu schliessen. In Zukunft wird es daher möglich sein, hohe Lasten über grosse Entfernungen im Aussenbereich von Werksarealen automatisch und sicher 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. Jünemann. Nach seiner Promotion 1986 erfolgte die Ernennung zum Oberingenieur am Lehrstuhl und zum Abteilungsleiter am Fraunhofer-Institut für Transporttechnik und Waren-distribution, ITW, Dortmund. Hier gehörte der Aufbau einer Abteilung für Entsorgungslogistik zu seinen Aufgaben.



Dr. Ing. Karl-Heinz Wehking, geschäftsführender Gesellschafter der LogTech, Logistik Technologie GmbH, Dortmund