

SCHNELLE SCHWERLAST-FTS IM WERKSGELÄNDE

Automatisierungslücke im Materialfluß von Werksarealen schließen

Karl-Heinz Wehking und Gerhard Kopp, Dortmund

Aus verschiedenen Gründen war es bisher nicht möglich, Fahrerlose Transportsysteme außerhalb von Hallen, also im Werksareal einzusetzen. Allerdings begann 1985 ein vielversprechender Pilotversuch mit einem „Outdoor-FTS“ in einem Schweizer Chemiewerk. Unser Autor berichtet im folgenden Beitrag zunächst über die dort gesammelten Erfahrungen. Darauf aufbauend werden z. Z. die Komponenten des Systems weiterentwickelt, um in den nächsten drei Jahren eine serienreife Produktfamilie von schnellfahrenden Schwerlast-FTS zu schaffen.

Die Entwicklung der letzten 20 Jahre innerhalb der Materialflußtechnik hat gezeigt, daß Industrie-FTS (Fahrerlose Transportsysteme) einen entscheidenden Durchbruch für die flexible Automation der Transportaufgaben in geschlossenen Werkshallen, Montagestraßen, Lägern usw. bieten. FTS-Systeme haben sich in allen Bereichen der Industrie und des Handels mittlerweile durchgesetzt und bewährt. Sie sind integraler Bestandteil moderner, häufig in die CIM (Computer Integrated Manufacturing)-Philosophie eingebundener Materialflußsysteme.

Diese Aussagen gelten allerdings nicht für die Transporte innerhalb eines Fabrikareals, also von einem Fabrikgebäude (z. B. Lager, Montage- oder Fertigungshalle) zu einem anderen. Hierfür werden heute fast ausschließlich Gabelstapler, Schlepper oder Lkw eingesetzt. Diese sind fahrgelenkt und benutzen die normalen Werksstraßen. Auch die Be- und Entladeaufgaben werden häufig durch rein manuell bediente Geräte erledigt. Die Steuerung und Überwachung dieses Materialflusses geschieht zumeist über Transportbefehle, die über Begleitzettel oder Sprechfunk erteilt werden. Auf jeden Fall ist eine Einbindung dieser Systeme direkt in eine computerintegrierte Logistik und damit in die CIM-Philosophie nicht möglich.

In großen Anlagen, z. B. in Chemie- oder Automobilunternehmen, sind für diese Transportaufgaben bis 500 oder gar 1000 Beschäftigte notwendig.

Aufgabenstellung für „Outdoor-FTS“

Eine Automatisierung dieses Teils des Materialflusses war bisher i. w. aus vier Gründen nicht möglich:

- Die neuen, automatischen Systeme müssen im Mischverkehr arbeiten, d. h. auf Werksstraßen, die auch von Fußgängern, Zweiradfahrern, Pkw und Lkw, ggf. auch vom Schienenverkehr, benutzt werden. Die Einrichtung von separaten, für den „Normalverkehr“ gesperrten Straßenteilen für automatische Systeme ist nicht immer möglich, da i. a. hierfür die Platzverhältnisse nicht ausreichen und/oder der Kostenaufwand für das Gesamtsystem dann zu hoch wird.

- Die Transporte im innerwerklichen Verkehr verlangen hohe Lasten (z. B. mehrere Palettentransporte je Weg und Einsatz oder aber hohe Einzelkosten) und auch hohe Geschwindigkeiten, um den Verkehrsfluß der anderen Verkehrsteilnehmer nicht zu gefährden. Dies macht von vornherein Geschwindigkeiten von 10 bis 15 km/h als Zielvorgabe notwendig.

- Die allgemeinen Sicherheitsanforderungen an FTS-Systeme in Werkshallen werden für den Außeneinsatz drastisch verschärft, da jetzt nicht nur eine witterungsunabhängiger, ganzjähriger Einsatz gewährleistet werden muß, sondern auch, weil durch die erheblich höheren Geschwindigkeiten von „Outdoor-FTS“ mit 2,7 bis 4,2 m/s (im Vergleich zu normalen FTS mit etwa 1,0 bis 1,5 m/s) erheblich höhere Sicherheitsanfor-

derungen an das System notwendig sind.

- Für die Automatisierung des Transportes in Werksarealen sind völlig neue Technikkomponenten und Automatisierungsideen erforderlich.

Erfahrungen mit der Pilotanlage

Im Jahre 1985 ist im Rahmen einer umfangreichen Materialfluß-Analyse des Chemiewerkes Klybeck des Ciba-Geigy-Konzerns in Basel erstmalig die Idee eines automatischen Transportes innerhalb eines solchen Areals entwickelt worden. Der Konzern hatte sich dann dazu entschlossen, einen Prototypen, bestehend aus einem Schleppzug und einer automatischen Be- und Entladestation, zu realisieren (siehe auch LOG 7/8-88, S. 75/76). Konstruktion, Bau und Pilot-einführung sind von dem Schweizer Ingenieurbüro Rolotec (Roboter und Logistik AG) durchgeführt worden. Bild 1 zeigt das Layout des Fahrkurses im Werk Klybeck. Über einen Rundkurs von 1819 m Länge wird ein Lager mit einer Farbproduktion verbunden. Der Transportweg umschließt sowohl eine Tunneldurchfahrt (mit 6° Neigungen) als auch die Überfahrt einer Werksbrücke sowie die Überquerung von Schienenanlagen eines nahe liegenden werksinternen Rangierbahnhofes.

Das Gesamtsystem umfaßt folgende Komponenten:

- Der Schleppzug (Bild 2 und 3) besteht aus dem Sicherheitsvorwagen, dem eigentlichen Hauptschlepper (mit zwei 9-kW-Elektromotoren) sowie zwei

Anhängern. Die Nutzlast beträgt 2×4,5 t; dies entspricht max. je 2×3 Paletten der Größe 1000×1200 mm. Die max. Schleppzug-Geschwindigkeit liegt derzeit bei 10 km/h, wodurch das System in der Lage ist, das beschriebene Layout in einer Zykluszeit von 22 bis 24 min für eine komplette Rundfahrt zu durchfahren. Die Be- und Entladezeiten machen dabei etwa 9 min (je Palettentransfer ca. 45 s) aus. – Die Übergabestationen für die automatische Be- und Entladung der Lasten hänger mit palettierten Gütern zeigt Bild 4 (siehe Inhaltsseite). Die Güter werden auf einer Rollbahn vorgepuffert und von hier automatisch über ein Drehhubwerk mit Teleskopierfunktion auf den Lastzug übergeben.

- Die Ortsinstallation besteht sowohl aus den Induktionsröhren als auch dem Steuerungsrechner für das Gesamtsystem. Bei der Pilotanlage wird mit einem 3-Frequenz-System gearbeitet. Die Frequenzen F1 und F2 sind Wegfrequenzen, die Funktion F3 eine Sicherheitsfrequenz.

Das Fahrzeug kann nur dann fahren, wenn mindestens eine Fahrfrequenz und die Sicherheitsfrequenz gleichzeitig als Signal vorliegen.

Das Schleppzugsystem ist seit dem Winter 1986/1987 im Einsatz und hat bisher 3000 Betriebsstunden abgeleistet. Es wird im einschichtigen Betrieb genutzt und hat derzeit eine durchschnittliche Transportkapazität von 120 bis 140 Paletten je 8-Stunden-Schicht. – Die Pilotanlage ist von der SUVA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt) zugelassen.

Die Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß mit diesem „Schwerlast-Outdoor-FTS“ die o. g. Automatisierungslücke geschlossen werden kann.

Weiterentwicklung des Systems

Auf Basis dieser Erfahrungen sowie eingehender Schwachstellenbewertungen und Marktanalysen hat man sich dazu entschlossen, die zu diesem System gehörenden Patente nicht zu verkaufen, sondern durch die neugegründete Firma Rolotec GmbH, Roboter- und Logistik Technologie (mit Sitz im Technologiezentrum Dortmund), eine Überarbeitung des Systems bis hin zu Serienfahrzeugen sowie die technologische Erweiterung der Systemidee voranzutreiben. In den nächsten drei Jahren soll eine Familie von modular aufgebauten FTS-Outdoor-Fahrzeugen entwickelt und in Pilotprojekten erprobt werden.

Die hinter dem „Logstar“-System stehende Steuerungsphilosophie vermittelt **Bild 5**. Die Grundsatzüberlegung bei diesem Aufbau der Steuerung ist, möglichst viel an Intelligenz auf die Fahrzeuge zu bringen. Grundsätzlich sollen die Fahrzeuge, die Anlagen zur Kreuzungssteuerung als auch die Steuerung für die Be- und Entladung ihre Aufgaben autark lösen können. Die Zentralsteuerung soll sich auf die reine Fahrzeugdisposition und Überwachung der Anlage beschränken.

Das Sicherheitskonzept

Für die Betriebstüchtigkeit ist der Aufbau und die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen von besonderer Bedeutung. Bedingt durch die großen Lasten des Schwerlast-FTS und durch die hohen Geschwindigkeiten von 10 km/h beim Prototyp (später 15 km/h) sind die Anforderungen an die Sicherheitseinrichtungen des FTS unvergleichlich höher als die von normalen Indu-

strie-FTS. Deshalb wurde ein Zweifach-Sicherheitssystem gewählt. **Bild 6** zeigt beispielhaft auftretende kritische Betriebszustände. Normalerweise wird vom Vorwagen aus durch drei Ultraschallsensoren der Raum von 0 bis 10 m vor dem eigentlichen Sicherheitsvorwagen kontinuierlich überwacht. Die Signale werden einem speziellen Hindernisrechner weitergegeben, der die Analyse der im Sicherheitsraum befindlichen Hindernisse durchführt. Entsprechend den einzelnen Sicherheitszonen (siehe Bild 6) schaltet der Hindernisrechner dann die Fahrgeschwindigkeit des FTS automatisch von der Normalgeschwindigkeit 10 km/h auf die jeweils niedrigere Geschwindigkeitsstufe herunter.

Dieses „elektronische Auge“ arbeitet getrennt von der mechanischen Sicherheitseinrichtung, deren Funktion im oberen Teil des Bildes 6 erläutert wird. Der Vorwagen hat einen Sicherheits-Bumper, der über einen Schaltweg von 2,5 cm Länge und einer Schaltkraft von 250 N ausgelöst wird. Im Auslösungsfall laufen zeitparallel folgende Funktionen ab:

1. Entriegeln der Schere, die die mechanische Verbindung zwischen Vor- und Hauptwagen herstellt und die durch Gummizüge und Federn jederzeit unter Vorspannung gehalten wird. Hierdurch wird nach Entriegelung der gesamte Vorwagen in Richtung Hauptwagen gezogen.

2. Auslösen der Bremsen des Vorwagens, wodurch dessen Weiterschieben und somit ein „Verrücken“ des Hindernisses verhindert wird.

3. Auslösen der Bremsen des Schleppers sowie der Anhänger. Die Scheibenbremsen werden hydraulisch gelüftet und sind durch ihren besonders großen Bremsdurchmesser in der Lage, das Fahrzeug, unabhängig von den Witterungsbedingungen, auf

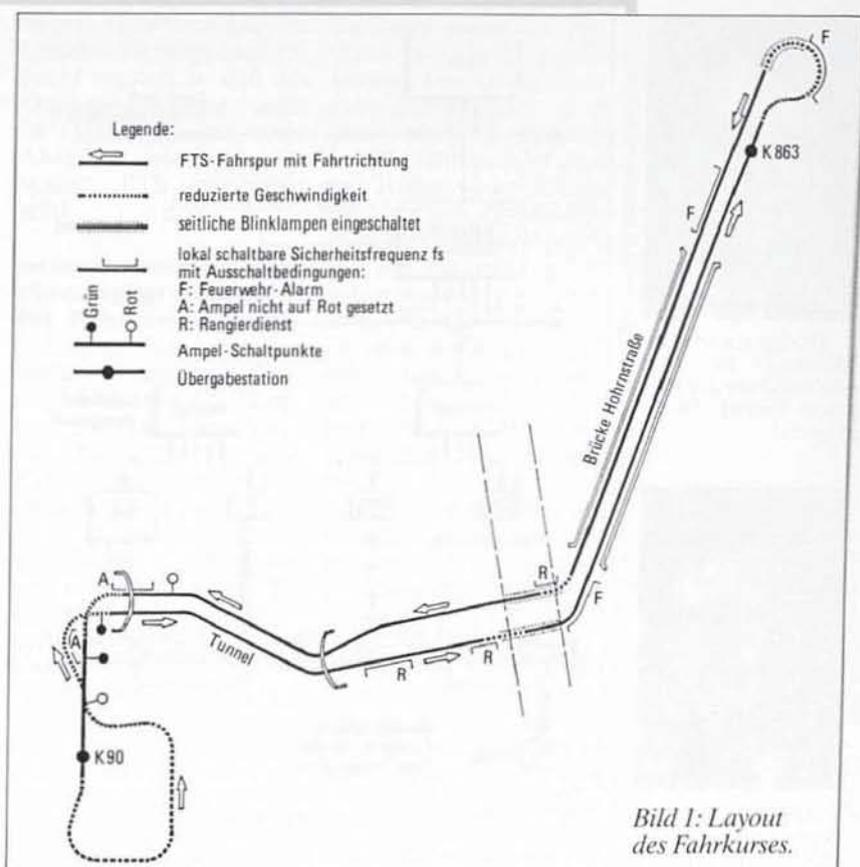


Bild 1: Layout des Fahrkurses.

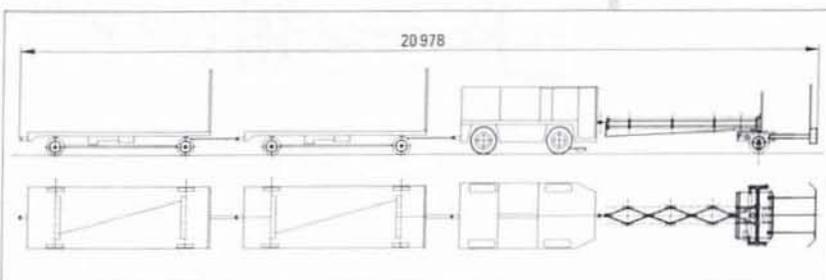


Bild 2: Gesamtaufbau des Schwerlast-FTS-Schleppzuges.



Bild 3: Schwerlast-FTS beim Überqueren einer Kreuzung mit Schienenanlagen.

einer Distanz von 2,5 m zum Halten zu bringen.

Da der Sicherheitsvorwagen durch die Scherenkonstruktion und den Bumper einen möglichen Halteweg von 3,5 m zuläßt, der max. Bremsweg aber 2,5 m beträgt, ist das Gesamtsystem auf jeden Fall in der Lage, bei einer Störungssituation, unabhängig von

der Ultraschallüberwachung, einen gesicherten Notstopp zu garantieren.

Konkrete Vorstellungen zur Weiterentwicklung

Ziel der Pilotanlage bei der Ciba Geigy AG in Basel war es, grundsätzlich nachzuweisen, daß es mög-



Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking ist Geschäftsführer der Rolotec GmbH, Dortmund.



Dipl.-Ing. Gerhard Kopp ist Mitarbeiter der Rolotec GmbH, Dortmund.

Bild 6: Funktionsdarstellung der beiden Sicherheitssysteme. Geschwindigkeitsreduktion auf
 $v_4 = 10 \text{ km/h}$,
 $v_3 = 5 \text{ km/h}$ 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;
 $v_{00} = \text{Schnellstopp}$.

Bild 7: Daten der Fahrzeug-Familie.
 Werkbilder

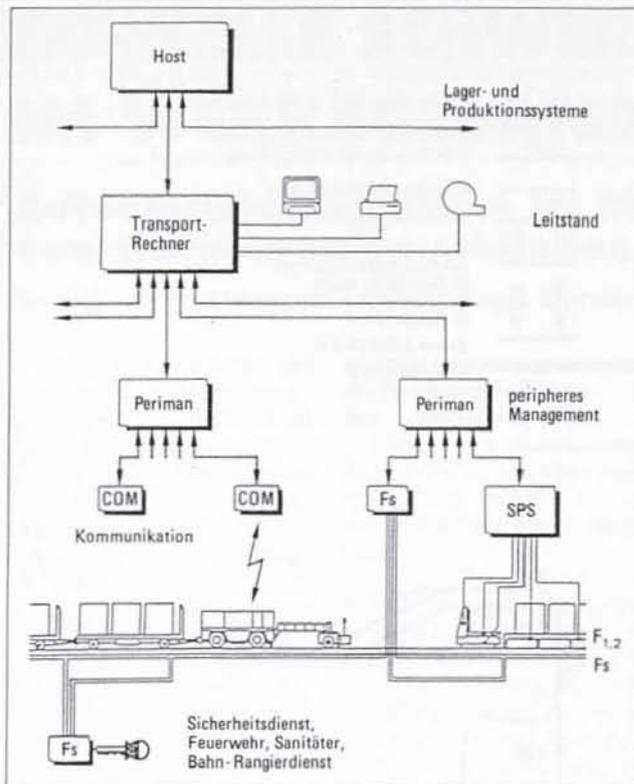
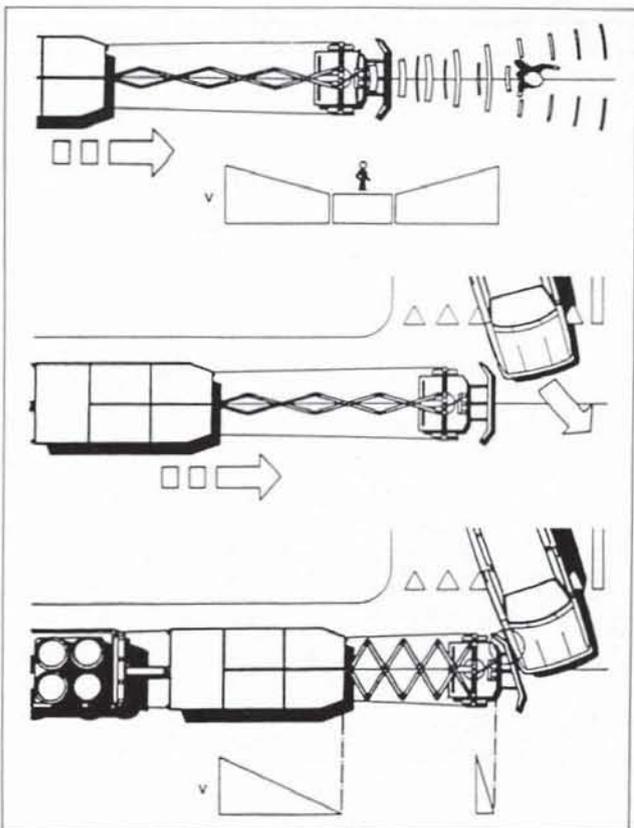


Bild 5: Prinzipaufbau der Steuerung.



Fahrzeugfamilie	E-Schlepper		alternative Antriebe	
	Pilotanlage Ciba-Geigy	verbesserte Konstruktion	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

lich ist, Fahrzeuge mit deutlich mehr als 1 m/s fahren zu lassen, automatische Flurförderzeuge im Außeneinsatz einzusetzen, die erforderliche Sicherheitstechnik im Außeneinsatz in den Griff zu bekommen, und daß eine Integration eines derartigen Fahrzeuges in den innerbetrieblichen Materialfluß eines Werksareals möglich ist. Dieser Nachweis konnte durch die Pilotanlage zur vollsten Zufriedenheit vollzogen werden.

Dennoch tauchen bei der Realisierung einer derartigen Pilotanlage neue Fragestellungen und Probleme auf, und es werden Wünsche an zukünftige Anlagen und Märkte geweckt, so auch hier. Daraus ergibt sich der im folgenden skizzierte Bedarf für Verbesserungen bzw. Neuz- bzw. Weiterentwicklung.

Das zu entwickelnde System sollte in der Lage sein, eine max. Reichweite von 15 m, eine Fahrbahnbreite von 2 m und eine Höhe von 2 m abzudecken. Dies muß unter allen Umweltbedingungen gewährleistet sein, d. h. der Einsatz dieses Hinderniserkennungssystems muß bei Sonne, Regen, Schnee, bei Temperaturen von -25 bis $+50$ °C möglich sein. Zusätzlich wird die neue Hinderniserkennung auch in der Lage sein, bei Einsatz von mehreren Outdoor-FTS und dabei ggf. auftretenden Begegnungssituationen eine Gegenfahrzeu-erkennung und eine automatische Behandlung dieser Situation durchzuführen. Hierdurch können „Deadlocks“ und gegenseitige Störungen der Ultraschall-Systeme mehrerer Fahrzeuge vermieden werden.

Vorwagen:

Bei der Weiterentwicklung des Vorwagens ist es das Ziel, durch Optimierung der Gesamtkonstruktion zu einem serienreifen Produkt zu kommen. Die hierzu notwendigen Arbeiten verfolgen die Forderungen nach Einsparung von Gewicht, Vereinfachung der Fertigung, Erhöhung des Abstandes zwischen Vorwagen und Hauptwagen, Vereinfachung der Bedienung, Erhöhung der Betriebssicherheit sowie Verbesserung der Fahreigenschaften. Andererseits soll der heutige Sicherheitsstandard der vorhandenen Grundkonstruktion erhalten bleiben.

Hinderniserkennung:

Aufgabe des Hinderniserkennungssystems ist es, den gesamten Schlepplzug einschließlich des Vorwagens kontrolliert vor einem etwaigen Hindernis auf dem Fahrweg zum Stehen zu bringen, so daß eine Auslösung der Not-Aus-Einrichtungen nicht notwendig ist. Dies setzt voraus, daß – angepaßt an die zukünftige Fahrgeschwindigkeit von 15 km/h – eine Erfassung von Hindernissen in Entfernungen bis ca. 15 m vor dem Vorwagen erfolgt.

Antriebskonzepte:

Da das Fahrzeug im Außeneinsatz mit relativ hohen Traglasten fährt, ist es mit einer entsprechend großen Batteriekapazität ausgestattet. Geplant ist u. a. eine weitere erhebliche Erhöhung der Traglasten und Anhängerlasten. Dies bedingt, daß die Antriebsaggregate entsprechend vergrößert werden. Einem Batterieantrieb sind hier, wenn man an einen Mehrschicht-Einsatz denkt, durch die relativ langen Nachladezeiten Grenzen gesetzt. Ziel der Weiterentwicklung ist es daher, neue Antriebskonzepte einzusetzen. Dies umfaßt eine Palette von verschiedenen Antriebsaggregaten, die wahlweise je nach Anwendungsfall in das Fahrzeug integriert werden können. Dazu zählen: diesel/elektrische, diesel/hydraulische und gas/hydraulische Antriebseinheiten, die je nach Traglast und Anhängerlast der Fahrzeug entsprechend dimensioniert eingebaut werden.

Spurführungstechnik:

In der bestehenden Pilotanlage wird, ähnlich wie bei den meisten im Inneneinsatz befindlichen automatischen Flurförderzeugen, für die Spurführung

ein im Boden verlegter Induktionsdraht eingesetzt. Die Vor- und Nachteile dieses Verfahrens sind bekannt. Im Außeneinsatz treten durch Dehnungsfugen, z. B. beim Überqueren von Eisenbahngleisen, Kanaldeckeln usw., zusätzliche Probleme auf. Außerdem ergeben sich oft recht kurzfristige Layout-Änderungen, z. B. durch Baumaßnahmen in Werksarealen, wenn Kanäle, Kabelbrücken oder ähnliches errichtet werden müssen. Ziel ist es daher, bei der Weiterentwicklung mittelfristig die induktive Spurführung durch eine zumindest streckenweise leitlinienlose Führungstechnik zu ersetzen.

Steuerungskonzept:

Bei der Weiterentwicklung des Steuerungskonzeptes muß dem Einsatz mehrerer Fahrzeuge und dem Einsatz in einem komplexeren Fahrweg-Layout Rechnung getragen werden. Das zukünftige Konzept beinhaltet, daß das Fahrzeug weitestgehend autonom operieren kann,

um eine Minimierung der Datenkommunikation zu erzielen. Es erhält lediglich eine Zielvorgabe. An Kreuzungsbereichen setzt es sich mit lokalen Steuerungseinheiten über die Kommunikationseinrichtungen in Verbindung und erhält entsprechend seine Fahrtfreigaben. Eine ortsfeste Steuerung übernimmt die Fahrwegverfolgung und die Beauftragung sowie Disposition der Fahrzeuge.

Erhöhung der Traglasten:

Das Pilot-Fahrzeug ist z. Z. in der Lage, 9 t Nutzlast auf zwei Anhängern zu transportieren. Für die Zukunft wird eine Erhöhung in zwei Stufen auf 18 t bzw. 30 bis 40 t angestrebt. Auch das Zugfahrzeug soll dann Lasten tragen.

Außerdem wird es möglich sein, den Schlepper auch ohne Anhänger einzusetzen, so daß sich eine erhebliche Verkürzung des eigentlichen Lastträgers ergibt und gleichzeitig die Möglichkeit besteht, vorwärts und rückwärts zu

fahren. Hierdurch können extreme Wendigkeiten erreicht werden, so daß das Outdoor-Fahrzeug auch im Hallenbereich ohne Abstriche wie ein „normales“ FTS einsetzbar wird.

Planungsgrundlagen für Fahrzeug-Familie

Um in Zukunft einen breiten Einsatz von Outdoor-FTS vom Typ „Logstar“ zu ermöglichen, wurden Zielzahlen für eine FTS-Familie entwickelt (Bild 7). Diese besteht dabei i. w. aus drei unterschiedlichen Zugfahrzeugen, einem reinen E-Schlepper für zwei Anhänger und zwei „Aktivschleppern“ (A-Schleppern) für zwei Traglastbereiche (18 t bzw. 30 bis 40 t), die in der Lage sind, als Unterfahrschlepper zu arbeiten und gleichzeitig zwei Anhänger zu ziehen. Bei den angegebenen Abmessungen ist davon auszugehen, daß insbesondere bei den Anhängern die vorgegebenen Dimensionen an entsprechende zukünftige Appli-

kationen ohne viel Aufwand angepaßt werden können. Die Art der Übergabeeinrichtungen, z. B. passiv wie bei der realisierten Pilotanlage oder aktiv mit Rollen- oder Kettenförderer bzw. Hubeinrichtung, kann in Abhängigkeit von der Anwendung festgelegt werden. Ziel dieses Entwicklungsprojektes ist es, nach fertigungstechnischer Optimierung aller Modellreihen eine serienreife Produktfamilie von schnellfahrenden Schwerlast-FTS zu schaffen, mit denen der Materialfluß der Industrie im Bereich der werksinternen Verkehre auf Industriearealen gelöst werden kann.

Auf der diesjährigen Hannover-Messe (Halle 21) wird die Roboter- und Logistik-Technologie GmbH das „Logstar“-Schwerlast-FTS-System auf dem Gemeinschaftsstand des Technologie-Zentrums Dortmund anhand von Videofilmen und anderen Unterlagen erstmals der breiten Öffentlichkeit vorstellen. ●