BESTANDSAUFNAHME UND PERSPEKTIVE

Quo vadis, FTS? (1)

Das Beispiel der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) zeigt, welche wechselvollen Entwicklungen innovative Technologien durchlaufen können: Nach einem kometenhaftem Einzug in viele Branchen und sehr hohen Erwartungen folgten zunächst die Ernüchterung und dann nahezu ein Bann. Eine vorrangige Aufgabe besteht deshalb darin, das Vertrauen der Anwender in die technischen und ökonomischen Vorteile der FTS zurückzugewinnen. Mit zahlreichen Innovationen konnten die Anbieter die Produktivität ihrer Systeme deutlich steigern. Der zweiteilige Beitrag beschreibt aktuelle Trends und Anwendungsfelder.

- *Dr.-Ing. Günter Ullrich*
- *Florian Simen*
- *Dipl.-Ing. Thomas Sommer-Dittrich*

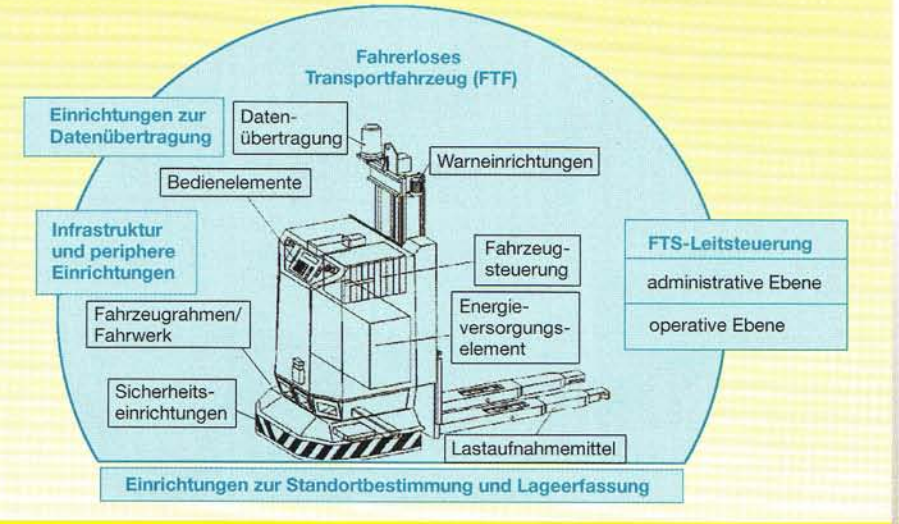
Wann ist automatisierte Fördertechnik ein FTS?

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind „innerbetriebliche, flurgebundene Fördersysteme mit automatisch geführten Fahrzeugen, deren primäre Aufgabe der Materialtransport, nicht aber der Personentransport ist. Sie werden innerhalb und außerhalb von Gebäuden eingesetzt und bestehen im Wesentlichen aus einem oder mehreren Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF), einer Leitsteuerung, Einrichtungen zur Standortbestimmung und Lageerfassung, Einrichtungen zur Datenübertragung sowie Infrastruktur und peripheren Einrichtungen“ [1]. Fahrerlose Transportfahrzeuge existieren in einer Vielzahl von Bauformen (Bild ❶). Anhand von Bild ❷ wird deutlich, dass FTS durch das Zusammenwirken zahlreicher Funktionsgruppen komplexe technische Systeme darstellen. Die Gesamtleistung und -zuverlässigkeit von FTS wird dabei sowohl durch die Eigenschaften der Teilsysteme als auch durch deren Integration bestimmt – nur durch „synchronisierte“ Innovationen im Gesamtsystem sind nachhaltige Verbesserungen erreichbar.

Von der Euphorie zum Realismus

FTS werden in Deutschland seit Anfang der 1960er Jahre eingesetzt. In den 70er und 80er Jahren kam es zu einem regelrechten Boom. Eine Vorreiterrolle nahm dabei die automatisierungsorientierte Automobilindustrie ein; nahezu alle deutschen Automobilhersteller setzten auf die fortschrittliche und als flexibel eingeschätzte Technologie. Angezogen vom Erfolg der etablierten Vorreiter der Technologie, die in dieser Phase Anlagen mit bis zu 500 Fahrzeugen realisierten, erschienen in kürzester Zeit viele neue Anbieter. In dieser „FTS-Euphorie“ nahm aufgrund des zunehmenden Wettbewerbs und teilweise mangelnder Erfahrung neben der absoluten Steigerung realisierter Anlagen leider auch der relative Anteil „kritischer“ Anwendungen deutlich zu. Wichtiger Treiber dieser Entwicklung war die Geschäftspolitik einiger Anbieter, die „um jeden Preis“ den Einstieg in den viel versprechenden FTS-Markt erreichen wollten und dabei Anwendungen automatisierten, die mit dem damaligen Stand der Technik nicht zuverlässig und/oder ökonomisch betrieben werden konnten. Neben der weiterhin großen Anzahl von Anlagen, die zuverlässig und unspektakulär ihren Dienst verrichteten, mehrten sich ab Ende der 1980er Jahre Erfahrungsberichte von Betreibern, deren Systeme den hochgesteckten Erwartungen hinsichtlich Logistikleistung, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit nicht gerecht

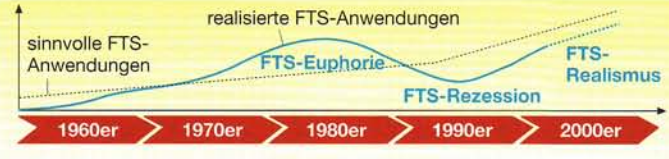
❶ **Beispielhafte Bauformen Fahrerloser Transportfahrzeuge**



❷ **Funktionsgruppen Fahrerloser Transportsysteme und -fahrzeuge nach [1]**

Tafel ① **Ursachen der FTS-Rezession ab Mitte der 1990er Jahre in Deutschland (nach [2])**

Kritik	Ursachen (Abweichung von der Ideallösung)
mangelnde (kontinuierliche) Logistikleistung	Fahrzeugausfälle aufgrund unzuverlässiger Sensoren, Steuerungen und Bodenanlagen beherrschbare Fahrgeschwindigkeiten zu niedrig Lastübergabezeiten zu hoch Fahrwege aufgrund der starren Spurführung zu lang
geringe Flexibilität	induktive Leitdraht-Spurführung zwang Fahrzeuge auf starre Kurse Fahrzeugsteuerung speziell auf Bodenanlage und Leitsteuerung zugeschnitten, so dass Fahrzeuge verschiedener Hersteller nicht gemeinsam in einer Anlage eingesetzt werden konnten
mangelnde Wirtschaftlichkeit	FTS-Hersteller waren zumeist Anlagenbauer, die große und schwere Fahrzeuge bauten, die damit investiv teuer waren neue Technologien, wie z. B. die Steuerungs-, die Leitdraht- und die Sensortechnik, wurden teilweise nur schwer beherrscht, weshalb auch die laufenden Betriebskosten vergleichsweise hoch waren



❸ **Entwicklungsphasen von FTS**

wurden (Tafel ①). Die Konsequenz war, dass der FTS-Markt Anfang der 1990er Jahre sehr deutlich zurückging. Vor allem die Automobilindustrie wendete sich vom FTS nahezu vollständig ab. Spiralartig verstärkt wurde diese Entwicklung durch die hohe Dynamik auf der Anbieterseite, bei der neben dem Rückzug von Neueinsteigern auch etablierte Anbieter dem preislichen Wettbewerb nicht standhalten konnten – der erhöhte Aufwand der Betreiber für die Sicherstellung der weiteren Anlagenwartung reduzierte weiter die FTS-Attraktivität.

In der folgenden Periode der „FTS-Rezession" wurden auch Anwendungsfälle, in denen FTS nachweisbar die ökonomischste Alternative darstellten, nicht realisiert, da das Vertrauen der potenziellen Anwender in die Technologie nachhaltig erschüttert war (vgl. Bild ❸). Um die geschilderte Situation zu überwinden und verlorenes Vertrauen wiederzugewinnen, war zunächst die kritische Analyse der Ursachen erforderlich, um daraus die notwendigen Handlungen abzuleiten.

Lösungsorientierter Dialog im VDI-Fachbereich FTS

Eine besonders geeignete Plattform hierfür bildet der bereits 1986 gegründete VDI-Fachbereich B7 „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)", der ein unabhängiges Forum für System- und Komponentenhersteller, Betreiber, Dienstleister sowie Forschungseinrichtungen darstellt. Er hat sich zum Ziel gesetzt, Anwender durch praxisnahe VDI-Richtlinien zu unterstützen sowie durch regelmäßige FTS-Fachtagungen im Rahmen seiner Möglichkeiten Öffentlichkeitsarbeit durchzuführen. Durch den kontinuierlichen Dialog von Betreibern, Forschungseinrichtungen und Anbietern konnten die Herausforderungen gemeistert und das FTS neben den Alternativtechnologien als ernstzunehmende System-Alternative etabliert werden. Die Hersteller konnten nachweisen, dass FTS zuverlässig funktionieren, eine anforderungsgerechte Personen- und Anlagensicherheit gegeben ist und auch innovative Technologien (z. B. im Bereich der Navigation oder der Funk-Datenübertragung) beherrscht werden. Ebenso konnten die Anwender und Betreiber ihre Anforderungen langfristig und anbieterübergreifend kommunizieren, so dass die Anbieter eine erhöhte Planungssicherheit erhalten. Beispielhaft sollen nachfolgend die Erfahrungen, Anforderungen und Technologiebewertung im Bereich FTS der DaimlerChrysler AG vorgestellt werden.

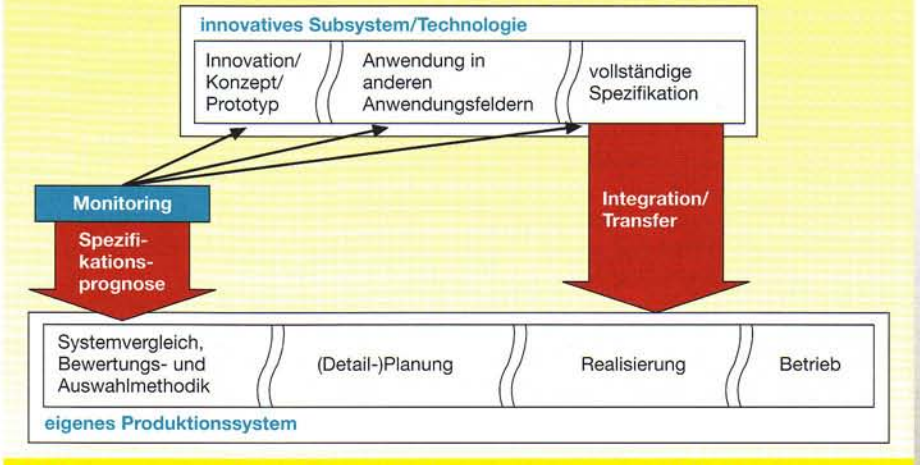
Anforderungen aus Sicht eines Anlagenbetreibers

Mercedes Benz als ältester deutscher Hersteller von PKW ist durch eine ausgewogene Mischung von Tradition und Innovation geprägt. Dieses Merkmal prägt nicht nur die hochwertigen und technisch anspruchsvollen Produkte, sondern auch die Produktionssysteme der Mercedes Car Group (MCG),

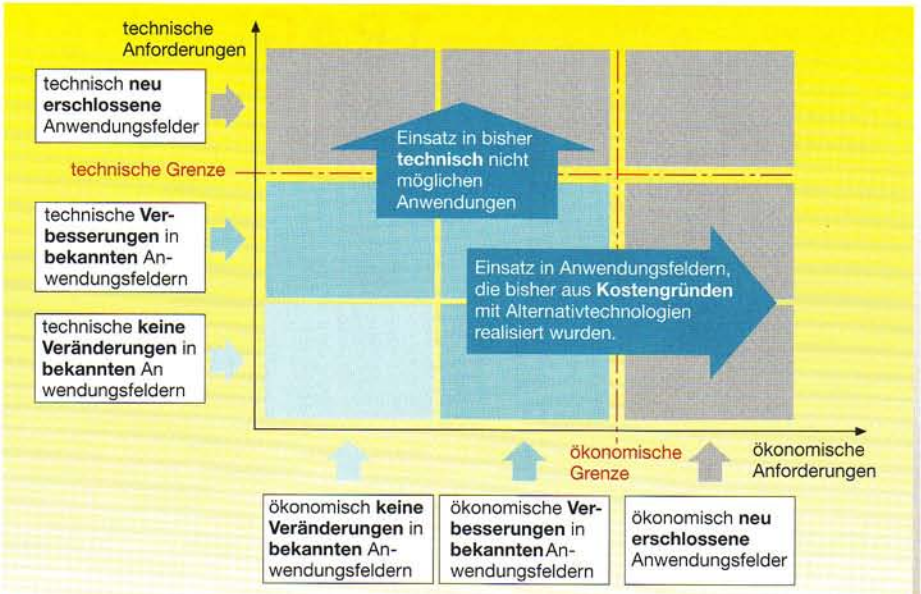
weitere Informationen:

www.fts-kompetenz.de

in denen diese Produkte innerhalb der DaimlerChrysler AG (DC) entstehen. Die Philosophie und konkrete Umsetzungshilfen sind im Mercedes-Produktionssystem (MPS) zusammengefasst, das den Rahmen für alle Neu- und Umplanungen sowie kontinuierliche Verbesserungen bildet. Im Vergleich zu konventionellen Produktionsphilosophien hat die Bedeutung der Logistik und damit auch der Materialflusssysteme im durchlauforientierten, bestandsarmen MPS erheblich zugenommen. Um dieser gestiegenen Bedeutung Rechnung zu tragen, wurde in der MCG zur strategischen Unterstützung und Koordination der klassischen, in allen Produktionsstandorten etablierten operativen Planungsbereiche eine zentrale Fabrik- und Produktionsplanung eingerichtet. In enger Zusammenarbeit mit dem konzerneigenen Forschungsressort und der Produktentwicklung werden in den Zentralbereichen Methoden sowie werksübergreifende Lösungen u. a. für die Logistik und Fördertechnik der MCG entwickelt. Neben der eigenen schöpferischen Tätigkeit ist das rechtzeitige Erkennen und systematische Bewerten für die eigenen Prozesse geeigneter innovativer Produktions- und Logistiktechnologien eine zentrale Aufgabe jedes erfolgsorientierten Produktionsunternehmens. Dies umfasst jedoch nicht nur neuartige Konzepte, sondern auch das kontinuierliche Monitoring bekannter Verfahren hinsichtlich inkrementeller Innovationen, die



❹ **Prognose von Technologieentwicklungen als Lotsenfunktion im innovativen Unternehmen**



❺ Portfolio zur Bewertung von innovativen Technologien und Konzepten

den ökonomischen Einsatz in eigenen Anwendungsfeldern ermöglichen. Aufgrund der planerischen Vorlaufzeit müssen zur zeitgerechten Integration in das eigene Produktionssystem Anwendungsreife und Auswirkungen potenzieller Innovationen frühzeitig erkannt und bewertet werden. Somit kommt dem Monitoring eine Lotsenfunktion zu (Bild ❹).

Aufgrund der zahlreichen Innovationen im Bereich FTS wurde im Rahmen des systematisch für alle DC-relevanten Fördertechnologien durchgeführten Technology Monitorings in enger Zusammenarbeit mit dem VDI, dem PSLT der Universität Hannover sowie dem Bereich Logistik der TU Berlin eine Studie zum aktuellen Stand sowie den Perspektiven von FTS erstellt. Ein konkretes Ziel ist hierbei, logistische Planungsprozesse durch eine höhere Transparenz bezüglich verfügbarer Lösungen für unterschiedliche Einsatzszenarien zu erleichtern. Außerdem soll durch die Entwicklung einer geeigneten Planungssystematik und deren Implementierung in ein planungsunterstützendes Software-Tool die Planung in einer sehr frühen Phase einfacher, schneller, kostengünstiger und verlässlicher werden. Um diese Ziele zu erreichen, wurde für die Werkslogistik von heute und in naher Zukunft ermittelt, welche Potenziale in welchen FTS-Typen für welche Einsatzfälle liegen.

Untersuchungsmethodik

Das Hauptaugenmerk bei der Bewertung technologischer und konzeptioneller Trends und Entwicklungen auf dem Gebiet der FTS mit dem dargestellten Portfolio liegt auf einer (abstrakten) Betrachtung der tatsächlichen und potenziellen Anwendungsfelder für FTS. Ausgehend von der Annahme, dass die Gesamtheit aller Anwendungsfelder, in denen der Einsatz von FTS denkbar ist, einerseits technologisch und andererseits ökonomisch begrenzt ist, wird das Portfolio von zwei Achsen aufgespannt (Bild ❺).[1] Die horizontale Achse weist von Bereichen, in denen ein wirtschaftlicher Einsatz von FTS derzeit bereits möglich ist, zu neuen Anwendungsfeldern, die erst durch eine erhöhte Wirtschaftlichkeit der FTS-Technologie erschlossen werden. Die Achse ist in drei Bereiche unterteilt. Links befindet sich der Bereich der bisher ökonomisch etablierten Einsatzfelder. Das Gebiet in der Mitte der Achse markiert Anwendungsfelder, in denen das FTS bereits sinnvoll einsetzbar ist, die Rahmenbedingungen seines Einsatzes sich aber durch eine bestimmte neue Technologie oder ein spezielles innovatives Konzept in ökonomischer Hinsicht verbessert haben. Die „ökonomische Grenze" symbolisiert den Übergang zu Anwendungsfeldern, in denen beim bisherigen Stand der Technik ein Einsatz von FTS zu teuer war. Am rechten Ende der Achse befindet sich dementsprechend der Bereich der aus ökonomischer Sicht neuen Anwendungsfelder.

Die vertikale Achse dient der unabhängigen Beurteilung aus der technologischen Perspektive. Unten befindet sich der Bereich der mit den gegenwärtigen Technologien und Konzepten realisierten Anwendungsfelder von FTS. Darüber folgt das Gebiet der Anwendungsfelder, auf denen durch technologische bzw. konzeptionelle Neuerungen und Weiterentwicklungen die bestehenden Anforderungen besser als bisher erfüllt werden. Oben liegt der Bereich der Einsatzgebiete, die durch innovative Konzepte und Technologien neu erschlossen werden. Er wird von den bekannten Anwendungsfeldern durch die „Technologie-Grenze" getrennt, ab der ein Einsatz von FTS bisher aus technischen Gründen nicht möglich ist.

Die Entwicklungen und Trends der FTS wurden entsprechend der funktionalen Gliederung auf folgenden Gebieten untersucht:

- Modulare Fahrzeugstrukturen und Standardkomponenten
- Modulare Steuerungssysteme
- Navigations- und Sicherheitssysteme
- Energieversorgung
- Outdoor-Fähigkeit.

(Fortsetzung und Schluss im Teil 2)

1) Eine weitere Grenze können gesetzliche Anforderungen darstellen, z. B. beim Einsatz von FTS im Straßenverkehr, was hier jedoch unbeachtet bleibt.

Literatur

[1] VDI 2510 „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)". Berlin: Beuth-Verlag 2005.

[2] 1. Duisburger FTS-Fachtagung „Die Steuerungsstruktur des FTS bestimmt die Zukunft der Fertigung und der Produktionslogistik". Fertigungstechnisches Labor der Universität -GH- Duisburg, Tagungsband 1991.

www.fts-kompetenz.de,
Tel.: 02855/933109

Dr.-Ing. Günter Ullrich
ist selbstständiger Unternehmensberater in Voerde und Leiter des VDI-Fachbereichs B7 „Fahrerlose Transportsysteme"

Florian Simen
studiert Wirtschaftingenieurwesen am Bereich Logistik der Technischen Universität Berlin

Dipl.-Ing. Thomas Sommer-Dittrich
ist Forschungsingenieur Research& Technology Production Management bei der DaimlerChrysler AG in Ulm

BESTANDSAUFNAHME UND PERSPEKTIVE

Quo vadis, FTS? (2)

Das Beispiel der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) zeigt, welche wechselvollen Entwicklungen innovative Technologien durchlaufen können: Nach einem kometenhaftem Einzug in viele Branchen und sehr hohen Erwartungen folgten zunächst die Ernüchterung und dann nahezu ein Bann. Eine vorrangige Aufgabe besteht deshalb darin, das Vertrauen der Anwender in die technischen und ökonomischen Vorteile der FTS zurückzugewinnen. Mit zahlreichen Innovationen konnten die Anbieter die Produktivität ihrer Systeme deutlich steigern. Der zweiteilige Beitrag beschreibt aktuelle Trends und Anwendungsfelder (Teil 1 im Heft 12/05).

- *Günter Ullrich*
- *Florian Simen*
- *Thomas Sommer-Dittrich*

Modulare Fahrzeugstrukturen und Standardkomponenten

Die Konzeption und Struktur moderner FTF spiegelt das Bestreben der Anbieter wider, Rationalisierungspotenziale bereits in der Konzeption/Konstruktion der Fahrzeuge zu erschließen und dadurch die Kosten für Investition und Betrieb nachhaltig zu reduzieren. Dies geschieht zumeist durch standardisierte Fahrzeugtypen (Baukasten-/Plattformstrategie mit Fahrzeugbaureihen übergreifender Mehrfachverwendung). Kundenindividuelle Varianten werden dabei aus modular aufgebauten Grundfahrzeugen abgeleitet, an denen die für den konkreten Anwendungsfall erforderlichen Anpassungen vorgenommen werden (Bild ⑥).

Die Modularisierung/Baukasten-/Plattformstruktur ist die Basis dafür, dass FTS-Technik tendenziell nicht nur kostengünstiger und somit für eine breitere Anzahl von Anwendern attraktiv wird, sondern hat auch zur Folge, dass aufgrund der systematischen Mehrfachverwendung und Weiterentwicklung bewährter Elemente die Zuverlässigkeit kontinuierlich gesteigert werden kann. Wichtiger Treiber dieser Entwicklung ist die Herausbildung spezialisierter Anbieter komplexer Komponenten. Diese Komponenten sind zumeist ebenfalls als Baukastensysteme mit standardisierten Schnittstellen und/oder Protokollen konzipiert, wodurch der Aufwand zur Integration komplexer Subsysteme bei den FTS-Herstellern deutlich gesenkt werden kann. Als Folge besonders erfolgreicher Komponentenlieferanten entwickeln sich zunehmend Hersteller übergreifende „Quasi-Standards", gegenwärtig z. B. für Sicherheitslaserscanner oder Steuerungshardware. Zur Reduzierung von Risiken, die aus monopolartigen Strukturen resultieren können, müssen FTS-Anbieter und Betreiber eine nachhaltige Sourcing-Strategie entwickeln.

Auch wenn derzeit sicherlich noch nicht davon gesprochen werden kann, dass sich grundsätzlich alle FTF aus Baukästen vordefinierter Module konfigurieren lassen, hat der Anteil aufwändiger Sonderkonstruktionen deutlich abgenommen. Jedoch wird auch perspektivisch ein signifikanter Anteil von Anwendungsfällen erwartet, für die aufgrund der besonderen Anforderungen kundenindividuelle Konstruktionen die optimale Alternative darstellen.

Eine besondere Position nimmt die abgestufte bzw. skalierbare Automatisierung manuell einsetzbarer Fördermittel ein. Vor allem in Anwendungsfällen mit geringer bis mittlerer Komplexität, die durch einfache Transportwege und standardisierte Ladehilfsmitteltypen (z. B. Europaletten) gekennzeichnet sind, werden durch die von einigen Herstellern auch als „Low-Cost-FTS" bezeichneten Systeme neue Anwendungsfelder erschlossen.

Modulare Steuerungssysteme

Auch im Bereich der Anlagen- und/oder Fahrzeugsteuerung zeichnet sich ein Trend zur konsequenten Modularisierung ab. Für die Steuerung der Anlagen bedeutet diese Entwicklung einen zunehmend dezentralisierten Aufbau mit immer feineren, klar voneinander abgegrenzten und kommunikationsfähigen Einheiten, die eine bessere Erweiterungs- und Anpassungsfähigkeit sowie eine erhöhte Wartungsfreundlichkeit ermöglichen sollen.

Mit der VDI-Richtlinie 4451 [3] existiert seit einiger Zeit eine allgemeingültige Beschreibung und Abgrenzung der wesentlichen Funktionsbausteine sowie Schnittstellen einer FTS-Leitsteuerung. Ausgehend von dieser Richtlinie wurde in einem öffentlich geförderten Projekt eine Leitsteuerungs-Software entwickelt, die als Anbieter übergreifende Plattform für FTS-Steuerungen konzipiert ist [4].

Ein zweiter Ansatz auf dem Gebiet der Steuerungstechnik, der u. a. in einem von der DFG geförderten Projekt untersucht wurde, ist der Einsatz von Multiagentensystemen zur Steuerung von FTS-Anlagen. Grundgedanke ist dabei, die Steuerung der Anlagen zu dezentralisieren. Das bedeutet, dass Funktionen der Steuerung vom Leitrechner in das Fahrzeug verlagert werden. Die Rolle des zentralen Leitrechners beschränkt sich bei einem solchen Ansatz auf

⑥ **Modularer Aufbau von Fahrzeugfamilien am Beispiel „CaddieCart" von TMS Automotion Linz**

die Verwaltung der Fahrzeuginformationen und die Übernahme von Daten aus der übergeordneten betrieblichen Steuerungssoftware und deren Weitergabe an die Fahrzeuge. Die Fahrzeuge hingegen koordinieren ihre Fahraufträge eigenständig und entscheiden, wie sie diese abarbeiten. Die Vorteile solcher Multiagentensysteme liegen vor allem in ihrer hohen Flexibilität und in der gleichermaßen schnellen wie einfachen Inbetriebnahme, da sich der Programmierungsaufwand für die Steuerung bei einer Neuinstallation oder Erweiterung der Anlage im wesentlichen auf die Festlegung des Fahrkurses beschränkt. Um Missverständnissen vorzubeugen, sei angemerkt, dass auch in diesem Ansatz zentrale Systemelemente zur Koordination des Transportsystems, zu dessen Kontrolle sowie seiner Anbindung an übergeordnete Steuerungssysteme erforderlich sein werden. Auszugehen ist jedoch davon, dass wichtige Entscheidungen zunehmend auf niedrigeren Ebenen – z. B. im Fahrzeug oder in bestimmten Sektionsverwaltungen des Kurses – getroffen werden. Die Voraussetzungen für die dazu erforderlichen dezentralen Datenstrukturen werden hardwareseitig zunehmend verfügbar, beispielsweise durch die Applikation von Transpondern auf dem Boden und an Objekten.

Durch die Dezentralisierung eröffnet sich die Chance, die Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Anlagen unterschiedlicher Hersteller zu erhöhen, indem die FTF zu selbstständigen Einheiten werden, die über vereinheitlichte Schnittstellen sowie Protokolle untereinander und mit anderen Anlagenteilen kommunizieren. Da das Steuerungs-Know-how dann zum größten Teil in den Fahrzeugen und nicht wie bisher in der Leitsteuerung zu finden wäre, fiele die aus Sicht der Betreiber wünschenswerte Definition herstellerunabhängiger Plattformen zur Integration des Gesamtsystems leichter, als dies gegenwärtig der Fall ist und durch ein aktuelles Projekt zur Realisierung eines universellen Software-Frameworks für Leitsteuerungen versucht wird (OpenTCS [4]).

Integration von Navigations- und Sicherheitssystemen

Für die Autonomie der Fahrzeuge sind Navigations- und Sicherheitssysteme entscheidend. Am Markt erhältliche Laserscanner können die Trennung von Navigations- und Sicherheitssystemen aufheben, indem sie Warn- und Schutzfelder zur Kollisionsvermeidung erzeugen und zugleich eine Navigation anhand von Reflektormarken ermöglichen. Zusätzlich ist mit diesen Systemen eine auf die Erkennung von Umgebungskonturen gestützte Navigation möglich, wodurch prinzipiell ein Fahren ohne vorgegebene Leitlinie zumindest temporär realisiert werden kann. Sensorseitig wird dabei das Wahrnehmungsfeld um die dritte Raumdimension erweitert. Einzeltechnologien sind optische Sensoren, wie Laserscanner (aktiv) oder Stereo-Kamera-Systeme (passiv), sowie Radarsensoren, die gegenüber den optischen Systemen vor allem den Vorteil eines störungsfreien Betriebs im Außeneinsatz bieten. Integrierte Systeme kombinieren unterschiedliche Sensortechnologien, um sich ergänzende Informationen zu erzeugen.

Aufgrund der von der Automobilindustrie derzeit sehr forcierten Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen entstehen sowohl im Bereich der Sensorik als auch bei der Analyse-Hardware und -Software deutliche Synergien für den FTS-Bereich, so dass sehr hohe Innovationsraten zu erwarten sind.

Mehr Infos unter

www.fts-kompetenz.de

Tafel ② **Hemmnisse des FTS-Einsatzes und ihre Beseitigung**

Hemmnis	Notwendige Aktion
Möglichkeiten der FTS sind noch zu unbekannt	aktive Werbung und Markterschließung
FTS-Planung ist komplex und anspruchsvoll	praxisnahe Hilfsmittel und Tools
Anfangs-Investitionen sind hoch	Kosten senken durch technische Weiterentwicklungen, noch mehr Kompatibilität und Quasi-Standards, Reduzierung der Aufwändungen für Konstruktion, Programmierung und Fahrzeugbau, aber auch durch schnellere Inbetriebnahmen und Abnahmen
Wirtschaftlichkeits-Nachweis ist anspruchsvoll – viele der positiven Auswirkungen eines FTS-Einsatzes lassen sich (zumindest im Vorfeld) nur schwer oder gar nicht monetär quantifizieren	Planungshilfsmittel, um die Betrachtung der Total Cost of Ownership (TCO) sinnvoll zu ergänzen, z. B. durch eine Nutzwertanalyse (s. a. VDI 4450).

Die Satellitennavigation mit Hilfe von GPS wurde bei automatisch geführten Fahrzeugen im Außenbereich, z. B. bei Hafenkranen oder Straddle-Carriern, bereits erfolgreich umgesetzt. Zukünftig könnten auch im Innenbereich nach dem Prinzip der Satellitennavigation funktionierende Systeme zur Positionsbestimmung, wie sie allgemein für industrielle Anwendungen in den USA bereits erprobt werden, an Bedeutung gewinnen. Dies gilt vor allem dann, wenn künftig eine freie Navigation auf größeren Flächen und abseits genau vorgegebener Leitlinien zu realisieren ist.

Ein Vorteil der auf Basis mehrerer verteilter stationärer Sendeeinheiten, sog. „Pseudoliten" (Pseudo-Satelliten), arbeitender Ortungssysteme besteht vor allem darin, dass die Anzahl der Nutzer prinzipiell unbeschränkt ist, wodurch die Kosten für die Infrastruktur stark degressiv sind. Durch den Einsatz solcher Systeme könnten neben FTF auch Ladungsträger mit vergleichsweise preiswerten Empfangseinheiten ausgestattet werden, so dass deren genaue räumliche Position den FTF jederzeit bekannt ist.

Innovative Energieversorgung

Die Fahrzeuge können durch kontinuierliche Energiezufuhr oder fahrzeugseitige Energiespeicher mit der notwendigen Energie versorgt werden. Für beide Ansätze sind anwendungsbereite Innovationen verfügbar.

Die kontinuierliche induktive Energieübertragung ist in ersten Anwendungen produktiv im Einsatz und könnte Schleifleitung sowie Schleppkabel für die Energiezuführung ablösen. Dabei wird durch das magnetische Feld, das ein im Boden verlegter Wechselstromleiter erzeugt, in einem flachen Pick-up, der an der Unterseite des FTF angebracht ist, ein Strom induziert. Der parallele Einsatz mehrerer Pick-ups zur Erhöhung der Übertragungsleistung ist möglich, Frequenzumrichter im Fahrzeug dienen der Regelung der Fahr- und Lastantriebe.

Wichtige Innovationen bei fahrzeugseitigen Energiespeichern stellen sowohl die Batterie-/Akkumulator- als auch die Brennstoffzellentechnologie dar. Neben speziellen Ladestrategien und Zubehör für Bleibatterien, durch die sich die Ladezeiten und ggf. die notwendige Anzahl an Fahrzeugen reduzieren lassen, haben Nickel-Metallhydrid-Batterien aufgrund der positiven Erfahrungen in PKW mit Hybridantrieben hohe Potenziale für FTS-Anwendungen. Lithium-Ionen-Batterien haben wegen ihrer gegenüber Nickel-Metallhydrid-Systemen nochmals gesteigerten Energiedichte und Leistungsfähigkeit Potenzial, künftig als Antriebsbatterien eingesetzt zu werden.

Brennstoffzellen, an deren Einsatz sowohl Flurförderzeug-Hersteller als auch FTS-Anbieter arbeiten, werden zunächst in hybriden Konzepten, d. h. in Kombination mit zusätzlichen Energiespeichern (Batterien oder Hochleistungskondensatoren), zur Anwendung kommen. Prognosen über den Zeitpunkt, wann Brennstoffzellen in FTF verwendet werden, sind derzeit sehr differenziert.

Outdoor-Fähigkeit

Die zunehmende Erschließung neuer Einsatzfelder für FTS im Außenbereich wird vor allem durch neue und zuverlässige Navigations- und Sensortechnologien vorangetrieben. Dabei kommen meist Serien-Nutzfahrzeuge zum Einsatz, die aufgrund werkseitig vorhandener Feldbus-Schnittstellen zur Ansteuerung wichtiger Funktionen bereits gute Voraussetzungen für eine Automatisierung mit sich bringen und auch nach dieser Aufrüstung weiterhin manuell zu betreiben sind. Ein Beispiel hierfür sind automatisierte LKW, die Transportaufgaben auf Werksgeländen übernehmen und sogar mit Sattelaufliegern rangieren können. Zur Navigation werden hierbei vor allem die Magnet-/Transponder- und/oder Satellitennavigation mit GPS eingesetzt. Als Sicherheitssensoren dienen Laserscanner, die aufgrund ausstehender Zulassung für die Fahrzeugabsicherung im Außenbereich durch taktile Schutzsysteme ergänzt werden.

Blick in die Zukunft

Heute hat die FTS-Branche in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht wieder einen erfreulichen Stand erreicht. Auf vielen Gebieten existieren technische Quasi-Standards:

- Batterietechnik (NiCd, Bleisäure)
- freie Navigation mit künstlichen Marken (Magnet- oder Lasernavigation)
- Personensicherheit (Laserscanner)
- Kommunikation (Breitbandfunk)
- Steuerungsaufteilung in Bordrechner und stationäre Leitsteuerung.

Aber auch der Markt verändert sich. Die Automobilindustrie hat das FTS wiederentdeckt. Heute melden zunehmend mittelständische Unternehmen statt großer Anwender ihren Bedarf an flexiblen, automatisierten Transportlösungen an. Während früher viele Fahrzeuge je Anlage zum Einsatz kamen, sind es heute häufig nur wenige oder sogar nur ein einzelnes Fahrzeug. Trotz aller positiven Zeichen sind aber noch einige Hemmnisse zu überwinden (Tafel ②).

Den zumeist mittelständischen FTS-Herstellern sollte es gelingen, die existierenden Märkte weiter auszubauen und neue zu erschließen.

Literatur

[3] Richtlinie VDI 4451 Blatt 7 „Kompatibilität von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) – Leitsteuerung für FTS". Berlin: Beuth-Verlag 2005.

[4] *Naumann, S.; Hoyer, R.:* FAHRLOS-Fazit: openTCS. Offene Leitsteuerung für FTS. Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 45 (2005) 7/8, S. 348–349.

www.fts-kompetenz.de,
Tel.: 02855/933109

Dr.-Ing. Günter Ullrich
ist selbstständiger Unternehmensberater in Voerde und Leiter des VDI-Fachbereichs B7 „Fahrerlose Transportsysteme"

Florian Simen
studiert Wirtschaftsingenieurwesen am Bereich Logistik der Technischen Universität Berlin

Dipl.-Ing. Thomas Sommer-Dittrich
ist Forschungsingenieur Research & Technology Production Management bei der DaimlerChrysler AG in Ulm