

Günter Ullrich

Fahrerlose Transportsysteme

Eine Fibel – mit Praxisanwendungen –
zur Technik – für die Planung

PRAXIS



**VIEWEG+
TEUBNER**

Günter Ullrich

Fahrerlose Transportsysteme

Fertigungsmesstechnik

von C. P. Keferstein

Praxiswissen Schweißtechnik

von H. J. Fahrenwaldt und V. Schuler

Spanlose Fertigung: Stanzen

von W. Hellwig

Coil Coating

von B. Meuthen und A.-S. Jandel

Industrielle Pulverbeschichtung

von J. Pietschmann

Zerspantechnik

von E. Paucksch, S. Holsten, M. Linß und F. Tikal

Praxis der Umformtechnik

von H. Tschätsch und J. Dietrich

Praxis der Zerspantechnik

von H. Tschätsch und J. Dietrich

Einführung in die Fertigungstechnik

von E. Westkämper und H.-J. Warnecke

Aufgabensammlung Fertigungstechnik

von U. Wojahn

Günter Ullrich

Fahrerlose Transportsysteme

Eine Fibel – mit Praxisanwendungen –
zur Technik – für die Planung

Mit 113 Abbildungen

PRAXIS



VIEWEG+
TEUBNER

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Dr.-Ing. Günter Ullrich ist Unternehmensberater der Intralogistik (fts-kompetenz.de), Leiter des
VDI-Fachausschusses FTS (vdi.de/fts) und der europäischen FTS-Community Forum-FTS
(forum-fts.com). Das FTS ist Schwerpunkt seiner Seminare, Beratungen und Planungen.

1. Auflage 2011

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Lektorat: Thomas Zipsner | Ellen Klabunde

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.viewegteubner.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-0791-5

Vorwort

In den 1950er Jahren wurde das Fahrerlose Transportsystem (FTS) erfunden, das sich bis heute zum probaten Organisationsmittel der modernen Intralogistik entwickelt hat. Nachdem zunächst die Automobilindustrie die dominante Anwenderbranche war, setzen heute fast alle Branchen das FTS zur Optimierung ihrer Materialflüsse ein. Diese Fibel dokumentiert, wie vielfältig die Anwendungen und eingesetzten Techniken der gegenwärtigen FTS-Epoche sind, ohne den Anspruch zu erheben, vollständig zu sein.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die ganzheitliche Planung solcher Systeme, die ausführlich mit allen Planungsschritten beschrieben wird. Die Fibel schließt mit einem Blick in die Zukunft, und zwar einerseits bezüglich Veränderungen im technischen Bereich und andererseits mit dem Fokus auf die Märkte.

Seit fast 25 Jahren begleitet der VDI-Fachausschuss „Fahrerlose Transportsysteme“ die Branche. Aus seinem starken Netzwerk heraus entstand die europäische FTS-Community Forum-FTS, die engagierte Öffentlichkeitsarbeit betreibt (Seminare, Veranstaltungen, Erstberatung). Allen Mitgliedern des Forum-FTS sei an dieser Stelle Dank gesagt, denn sie haben mit ihren Beiträgen diese Fibel erst möglich gemacht. Außerdem gilt der Dank dem Lektorat Maschinenbau des Vieweg+Teubner Verlags für die nette und verständnisvolle Betreuung während der insgesamt doch langen Entstehungszeit dieses Buches.

Die Fibel richtet sich an Fachleute und Praktiker der Intralogistik, die sich mit der Optimierung von Materialflüssen beschäftigen. Sie sind in nahezu allen Branchen der Industrie, in einigen Dienstleistungsunternehmen oder in Forschung und Lehre an Universitäten und Fachhochschulen tätig. Aus unserer Arbeit als Planer und Berater wissen wir, dass es in der Praxis und in der Lehre Bedarf für eine zusammenfassende Darstellung unseres Themas gibt. Wir haben uns um eine objektive Sichtweise, eine moderate fachliche Tiefe sowie eine klare und verständliche Sprache bemüht. Möge die Fibel ihren Beitrag dazu leisten, dass Fahrerlose Transportsysteme entsprechend ihren Möglichkeiten eingesetzt und in Zukunft noch leistungsfähiger werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte der Fahrerlosen Transportsysteme	1
1.1	Die erste FTS-Epoche – Idee und Umsetzung	1
1.1.1	Die ersten europäischen Unternehmen	2
1.1.2	Frühe Technik und Aufgabenstellungen	3
1.2	Die zweite Epoche – Automatisierungseuphorie	5
1.2.1	Fortschritte in der Technologie	5
1.2.2	Große Projekte in der Automobilindustrie	6
1.2.3	Der große Knall	8
1.3	Die dritte Epoche – Gestandene Technik für die Intralogistik	8
2	Moderne Anwendungsgebiete	13
2.1	Aufgabenbezogene Aspekte des FTS-Einsatzes	13
2.1.1	Das FTS in Produktion und Dienstleistung	13
2.1.2	FTS als Organisationsmittel	15
2.1.3	Taxibetrieb	16
2.1.4	Fließlinienbetrieb und der Fokus auf die Serienmontage	17
2.1.5	Außeneinsatz (Outdoor)	24
2.1.6	Argumente für den FTS-Einsatz	29
2.2	Branchenbezogene Aspekte und Beispiele	31
2.2.1	Automobil- und Zulieferindustrie	32
2.2.2	Papierherzeugung und -verarbeitung	44
2.2.3	Elektroindustrie	47
2.2.4	Getränke- / Lebensmittelindustrie	50
2.2.5	Baustoffe	59
2.2.6	Stahlindustrie	62
2.2.7	Kliniklogistik	64
3	Stand der Technik	75
3.1	Navigation und Sicherheit als zentrale Systemfunktionen	76
3.1.1	Die Navigation	76
3.1.2	Die Sicherheit	88
3.2	Die FTS-Leitsteuerung	95
3.2.1	Systemarchitektur FTS	96
3.2.2	Benutzer und Auftraggeber	97
3.2.3	Funktionsbausteine einer FTS-Leitsteuerung	98
3.3	Das Fahrerlose Transportfahrzeug (FTF)	104
3.3.1	FTF-Kategorien	105
3.3.2	Die Fahrzeugsteuerung	114
3.3.3	Die mechanischen Bewegungskomponenten	118
3.3.4	Die Energieversorgung der FTF	122
3.4	Das Umfeld des FTS	126
3.4.1	Die Einsatzumgebung	126
3.4.2	Systemspezifische Schnittstellen	128

3.4.3	Periphere Schnittstellen	131
3.4.4	Mensch und FTF	133
4	Die ganzheitliche FTS-Planung	136
4.1	Die Bedeutung der Planung in FTS-Projekten	136
4.1.1	Ressourcen-bestimmende Kriterien	137
4.1.2	Organisation des Projektteams	138
4.2	Planungsschritte	139
4.2.1	Systemfindung	140
4.2.2	Systemausplanung	146
4.2.3	Beschaffung	154
4.2.4	Betriebsplanung	159
4.2.5	Änderungsplanung	160
4.2.6	Außerbetriebsetzung	160
4.3	Unterstützung bei der Planung	161
5	Die nächste Epoche	166
5.1	Funktionale Herausforderungen	168
5.1.1	DriveSafe – Die Integration von Navigation und Sicherheit	169
5.1.2	Autonomes Miteinander – Intelligentes Agieren	171
5.1.3	Energiemix – Modernes Energiemanagement	173
5.2	Entwicklung der Märkte	179
5.2.1	Die klassischen FTS-Märkte	180
5.2.2	Neue Märkte	183
5.2.3	Kernkompetenzen der Anbieter	185
	Sachwortverzeichnis	190

1 Geschichte der Fahrerlosen Transportsysteme

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind heute ein wichtiger Bestandteil der Intralogistik. Der technologische Standard und die mittlerweile vorhandene Erfahrung mit dieser Automatisierungstechnik haben dazu geführt, dass FTS Einzug in fast alle Branchen und Produktionsbereiche gehalten hat. Die FTS-Geschichte ist ca. sechzig Jahre alt und begann – wie so vieles moderne – in Amerika.

Als nach dem zweiten Weltkrieg die Produktionen wieder anliefen und die Weltwirtschaft boomte, waren die fahrenden Automaten Teil des realisierten Menschheitstraums, die eigene Arbeit durch Automaten verrichten zu lassen. Die rasante Entwicklung der Sensor- und Steuerungstechnik sowie ursprünglich der Mikroelektronik ebnete dem FTS den Weg.

An dieser Stelle wollen wir nur kurz die Erfindung des FTS in Amerika würdigen, uns dann aber ausschließlich auf den europäischen Markt konzentrieren. Bisher gab es wenige erfolgreiche amerikanische Versuche, in den europäischen Markt einzutreten. Der umgekehrte Weg war sicher erfolgreicher: So gibt es einige europäische FTS-Hersteller, die in Amerika Projekte abwickeln. Der asiatische Markt hatte in der Vergangenheit so gut wie keine Überlappungen mit Europa, weder in die eine noch in die andere Richtung.

Die bisherigen sechzig FTS-Jahre lassen sich in drei Epochen einteilen. Diese Epochen sind von der zur Verfügung stehenden Technik und der emotionalen Haltung der Systeme gegenüber gekennzeichnet. Man kann diese Epochen auch als Evolutionsstufen verstehen, während derer es nur begrenzte technische Entwicklungen gab, und die dann jeweils ziemlich abrupt ineinander über gingen.

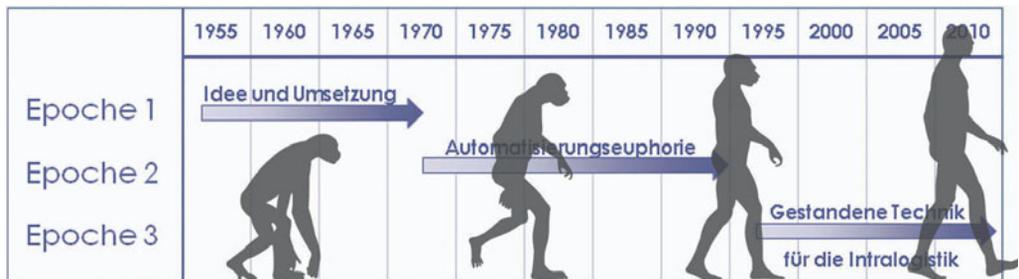


Bild 1-1 Fahrerlose Transportsysteme entwickeln sich in und auf Evolutionsstufen (Epochen). Gegenwärtig endet die dritte.

1.1 Die erste FTS-Epoche – Idee und Umsetzung

Die erste Epoche begann in Amerika 1953 mit der Erfindung und in Europa wenige Jahre später. Sie dauerte knapp zwanzig Jahre. Technologisch waren die ersten Anlagen geprägt von einfachsten Spurfolgetechniken und taktilen „Sensoren“, wie Bumper, Notstoppbügel mit mechanischen Schaltern.

Anfang der 1950er Jahre hatte zuvor ein amerikanischer Erfinder die Idee, den Menschen auf einem Schleppwagen, der zum Gütertransport eingesetzt wurde, durch einen Automaten zu ersetzen.

Diese Idee wurde durch die Barrett-Cravens of Northbrook, Illinois (heute Savant Automation Inc., Michigan) umgesetzt. Bei der Mercury Motor Freight Company in Columbia, South Carolina, wurde 1954 das erste Fahrerlose Transportsystem (FTS) als Schleppzug-Anwendung für wiederkehrende Sammeltransporte über große Strecken installiert.

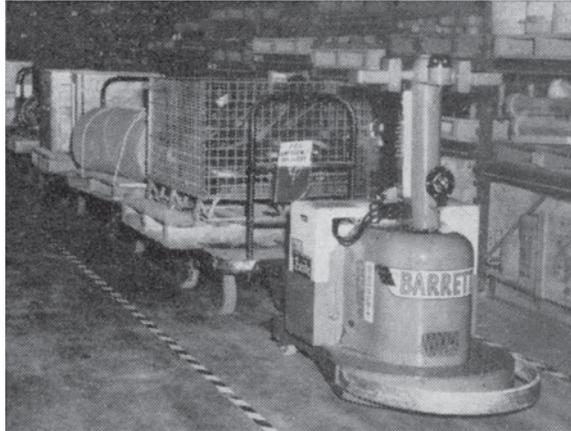


Bild 1-2 Eins der ersten amerikanischen FTS, ab 1954 gebaut als Zugmaschine für fünf Anhänger (Quelle: Barrett-Cravens / Savant Automation, 1958)

Die zuvor schienengeführten Fahrzeuge folgten nun einem stromdurchflossenen Leiter, welcher im Boden verlegt wurde. Dieses Prinzip kennen wir heute als induktive Spurführung. Das erste Fahrzeug orientierte sich also während der Fahrt ohne Fahrer an dem induzierten Magnetfeld. Die Stationen, an denen Lasten (Güter) übergeben werden sollten, waren durch im Boden versenkte Magnete kodiert, welche durch Sensoren im Fahrzeug erfasst wurden. Die Kodierung selbst ergab sich aus einer spezifischen Anordnung von nord-/südpolig-orientierten Magneten.

Die einfache Steuerung bestand zu dieser Zeit aus einer Röhrenelektronik, die nur beschränkte Entwicklungsmöglichkeiten aufwies.

1.1.1 Die ersten europäischen Unternehmen

In England kam die Firma EMI 1956 auf den Markt. Die Fahrzeuge folgten einem Farbstreifen auf dem Boden, der über einen optischen Sensor erkannt wurde und der die entsprechenden Steuersignale lieferte. Ab den 1960er Jahren kamen die ersten transistorbasierten Elektronik zum Einsatz, was die Flexibilität bei Führung und Steuerung erhöhte.

In Deutschland starteten die Firmen Jungheinrich, Hamburg und Wagner, Reutlingen in den frühen 1960er Jahren die FTS-Entwicklung. Sie automatisierten die ursprünglich für manuelle Bedienung konstruierten Gabelhub- und Plattformfahrzeuge.

Das Maschinenbauunternehmen Jungheinrich wurde 1953 gegründet und startete mit dem Vertrieb des Elektro-Vierrad-Staplers „Ameise 55“ in den Markt. Dann wurde bereits wenige Jahre später, in 1962, der erste automatisch gesteuerte, induktiv geführte Stapler „Teletrak“ vorgestellt. Auch die optische Spurführung kam hier zum Einsatz.



Bild 1-3 Ameise/Teletrak (Quelle: E&K, 1965)

Die Firma Wagner Fördertechnik begann ab 1963 mit der Vermarktung Fahrerloser Transportsysteme für den Einsatz bei Automobilproduktion und im Handel.

1.1.2 Frühe Technik und Aufgabenstellungen

Schon die ersten Systeme, die in USA, England, Deutschland und anderen Ländern entwickelt und gebaut wurden, wiesen elementare Merkmale auf, die noch heute Bestandteil eines FTS sind: das Leitsystem, das Fahrzeug mit Steuerung und Personenschutz, das Spurführungssystem.

Die Umgebung, in der sich die ersten Fahrerlosen Transportfahrzeuge bewegten, war die normale Werks- oder Lagerhalle. Dort, wo bisher die Arbeiter mit ihren (Schlepp-)Fahrzeugen die Güter durch die Hallenbereiche transportierten, wurde jetzt Schritt um Schritt die Umgebung an die Anforderungen eines Systems angepasst, das auf menschliche Begleitung verzichtete. Markierungen, freie Fahrstrecken, passive und aktive Schutzmaßnahmen sollten die Risiken reduzieren. In den USA soll es Widerstand gegen die neue Technologie gegeben haben. Die Gewerkschaften befürchteten den Wegfall von Arbeitsplätzen. Aber wer rechnete damals den Zugewinn an neuen Arbeitsplätzen in dem sich entwickelnden Hersteller- und Zuliefermarkt?

Ab Mitte der 1960er fanden wir die ersten Einzeltransport-Anwendungen und Transporte im Rahmen der „Verkettung“ von Arbeitsplätzen, schließlich wurden die ersten Systeme in der Warenkommissionierung, in der Lebensmittelindustrie, eingesetzt. Die Fahrzeugvielfalt beschränkte sich auf Schlepper, Gabelhub- und Plattformfahrzeuge.

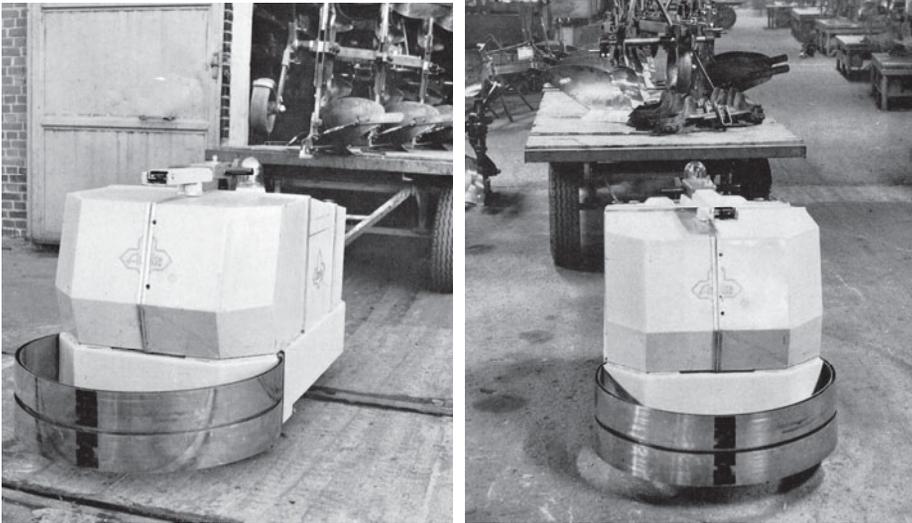


Bild 1-4 Ameise/Teletrak mit Anhängern (Quelle: E&K)

Das Leitsystem war einfach, die Fahrzeuge fuhren vorgegebene Strecken von Station zu Station, starteten auf Anforderung und hielten nach Erkennen der Stoppmarker. Eine einfache Elektrik und eine Magnetsensorik reichten. Der Betrieb erlaubte keine Flexibilität; der Transport überbrückte weitere Fahrtstrecken, die Stationen wurden nacheinander angefahren, es gab praktisch nur eine Richtung – vorwärts.

Das Fahrerlose Transportfahrzeug (FTF) entwickelte sich aus den personengesteuerten Schleppwagen, verfügte also wie ein normales Fahrzeug über Lenkung, Antrieb und Sicherheitsvorrichtungen. Seine Größe bestimmte sich durch die gestellten Anwendungsanforderungen. Wurde der Fahrer entfernt, dann musste eine Kombination aus Mechanik, Elektrik und „elektronischer“ Intelligenz seine Aufgaben übernehmen. Die Wahrnehmung des Menschen – über seine Augen – wurde also durch eine Sensorik ersetzt, wenn auch nur in rudimentärer Form. Um die Sicherheit im betrieblichen Verkehr zu gewährleisten, mussten nicht nur die Einrichtungen geschützt werden, sondern vor allem die im Betrieb tätigen Menschen.

Die Fahrzeugsteuerung arbeitete anfänglich noch mit Röhrentechnik, dann gab es solche mit Relais und „Halbdrehwähler-Schrittschaltwerken“, ab den späten 1960ern dann mit Halbleitertechnik (TTL-Logik).

Der Personenschutz, für die Vorwärtsfahrt, wurde mit einem „Bumper“ oder einem Sicherheitsbügel realisiert.

Die Spurführung erfolgte durch stromführende Leiter im Hallenboden oder durch optische Leitlinien.

Ende der 1960er wurden erste Schlepper mit automatischen Kupplungen konstruiert, sie konnten rückwärts fahren und Anhänger dort abstellen, wo sie benötigt wurden.

1.2 Die zweite Epoche – Automatisierungseuphorie

Die zweite Epoche überdauerte die 1970er und 1980er Jahre und endete Anfang der 1990er. Die Elektronik hielt in Form einfacher Bordrechner und komplexen Schaltschränken für die Blockstreckensteuerung der Anlage Einzug. Die aktiv induktive Spurführung mittels eines Drahtes im Boden setzte sich durch, und die Datenübertragung geschah entweder über den gleichen Draht, infrarot oder sogar schon mittels Funk.

In den 1970er Jahren entstand letztlich das klassische FTS. Einhergehend mit einer immer höheren Steigerung der Produktionseffizienz und dem Einsatz personenbetriebener Transportsysteme entwickelte sich auch die Nachfrage nach einem immer höheren Automatisierungsgrad, wodurch die Produktionskosten langfristig gesenkt werden sollten.

1.2.1 Fortschritte in der Technologie

Die Nachfrage im Markt, getrieben von den Erwartungen der Anwender, konnte nur durch eine stetig verbesserte Technologie befriedigt werden.

Eine wachsende Zahl von Herstellern und Komponentenentwicklern steigerte die Flexibilität der Einsatzmöglichkeiten und verbesserte die Systemfähigkeiten. Bereits hier erkannten die Hersteller, dass sie sich vor allem die rasante Entwicklung in der Elektronik und Sensorik zunutze machen konnten. Ein spezieller Zuliefermarkt entwickelte sich jedoch nicht, dafür war das Marktvolumen insgesamt noch zu klein. Entwickler und Hersteller von Komponenten waren getrieben durch andere Märkte, z. B. durch den Bedarf der Hersteller traditionell bemannter Transportfahrzeuge.

Die Erfahrung der FTS-Hersteller floss zunehmend in verbesserte Anlagesteuerungen ein. Noch aber hatte die Anbietergemeinschaft ihre Wurzeln im Maschinenbau.

Technische Innovationen befreiten die Hersteller von bisherigen Einschränkungen, eine Reihe von Neuerungen kam in den 1970ern auf den Markt:

- Leistungsstarke Elektroniken und Mikroprozessoren ermöglichten schnellere Rechenleistung und damit komplexere Einsatzszenarien und Anlagen-Layouts. In der Anlagensteuerung wurden erstmalig speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) verwendet. Eine verbesserte, erschwingliche Sensorik verbesserte die Präzision bei Fahrt, Navigation (Positionierung und Positionserkennung) und an der Lastübergabestation.
- Die Batterietechnik wurde leistungsfähiger, obwohl man im Nachhinein eingestehen musste, dass sie nicht vollständig beherrscht wurde. Aber das automatische Laden der Batterien wurde eingeführt.
- Ein Navigationsverfahren setzte sich durch: die aktiv induktive Spurführung. Ein mit Wechselstrom durchflossener Leiter im Boden erzeugte ein konzentrisches Magnetfeld, das in zwei unterhalb des Fahrzeugs befestigten Spulen einen Strom induzierte. Der Differenzstrom beider Spulen wurde dann zur Ansteuerung des Lenkmotors genutzt. Die Anlagensteuerung wurde der Blockstreckensteuerung des Eisenbahnverkehrs entliehen. Große Schaltschränke in Relais-technik sorgten für die Ablaufsteuerung und dafür, dass die Fahrzeuge nicht kollidierten bzw. sich gegenseitig blockierten.

- Die Handhabung der Lasten geschah intelligenter und vermehrt automatisiert. Die Bewegungsmöglichkeiten der Fahrzeuge nahmen zu (Rückwärtsfahrt mit Lastübergabe, flächige Bewegung); die ersten Außenanwendungen wurden realisiert.
- Die fahrerlosen Fahrzeuge wurden in Produktionsprozesse vollständig integriert; so wurden die Fahrzeuge als mobile Werkbänke genutzt (Serienmontage).
- Zur Daten-Kommunikation wurden Infrarot- aber auch Funksysteme eingesetzt.

1.2.2 Große Projekte in der Automobilindustrie

Die Nachfrage im Markt wurde wesentlich durch die Automobilindustrie getrieben. Gerade die großen deutschen Autobauer modernisierten und automatisierten scheinbar grenzenlos. Das FTS gehörte dazu, es war „in“, insbesondere in folgenden Anwendungsbereichen:

- Taxibetrieb bei der sog. Boxenfeldmontage
- FTF als mobiler Arbeitsplatz in den Vormontagen
- Verkettung von Produktionsmaschinen in der Aggregatefertigung
- Schlepper, Huckepack- und Gabelfahrzeuge zur Bandversorgung
- Im Lager, zur Kommissionierung und Materialanlieferung an die Linien
- Sondergeräte zur Integration in Fertigungssysteme.

Viele der großen FML¹-Partner der Automobilindustrie lieferten größte Anlagen mit oftmals mehreren hundert Fahrzeugen. Die Anlagen wurden in Vormontagen (Cockpit, Frontend, Türen, Motoren, Getriebe, Antriebsstränge), in der Endmontage, im Fahrzeugbau aber auch für logistische Aufgaben eingesetzt.

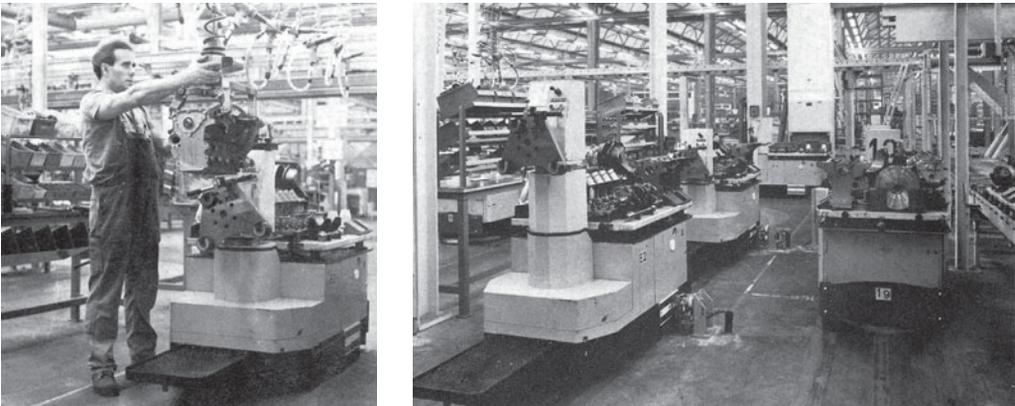


Bild 1-5 Induktiv geführte Montageplattformen für Motoren bei VW in Salzgitter (Quelle: E&K, 1977)

¹ FML – Fördertechnik, Materialfluss, Logistik



Bild 1-6 PKW-Herstellung mit FTS: Fahrzeugbau des VW Passat bei VW in Emden (Quelle: DS, 1986)



Bild 1-7 Triebsatzvormontage bei VW in Hannover (Quelle: DS, 1986)

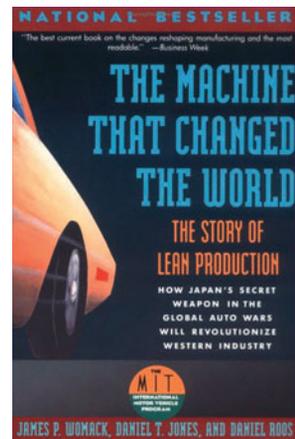
1.2.3 Der große Knall

Ende der 1980er Jahre kündigte sich die Katastrophe bereits an: Die Wirtschaft wurde von einer Rezession heimgesucht – das Geld wurde knapp. Das FTS hatte ohnehin das Image teuer zu sein: Die Flexibilität, mit der die Systeme auch damals schon beworben wurden, wurde in der Praxis nicht erreicht. Kleine Änderungen im Fahrkurs mussten vom FTS-Lieferanten durchgeführt werden und kosteten viel Geld. Die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Anlagen ließen zu wünschen übrig.

Die deutschen Autobauer Volkswagen, BMW und Mercedes Benz waren sich einig, dass hinsichtlich der Kompatibilität und der Wirtschaftlichkeit der Systeme etwas passieren musste. Sie initiierten die Gründung des VDI-Fachausschusses² „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“, der 1987 damit begann, unter der Obmannschaft des Duisburger Universitätsprofessors Prof. Dr.-Ing. Dietrich Elbracht VDI-Richtlinien zu den relevanten FTS-Themen zu erarbeiten. Seit 1996 wird der Kreis vom Autor geleitet.

Dieser VDI-Fachausschuss führte dann vier Jahre später in Duisburg die erste FTS-Fachtagung³ durch, auf der diese Themen intensiv diskutiert wurden. Außerdem entstand daraus im Jahre 2006 das Forum-FTS⁴, die europäische FTS-Community, in der die wesentlichen FTS-Hersteller Mittel-Europas (Finnland, Belgien, Niederlande, Deutschland, Österreich, Schweiz) organisiert sind.

Trotzdem konnte sich die FTS-Branche dem vorübergehenden Niedergang nicht entziehen. Der Todesstoß kam mit einem amerikanischen Buch (Abb. rechts), in dem eine MIT-Studie⁵ über die Produktivität der weltweiten Automobilhersteller abgedruckt ist. Diese Studie besagte, dass die japanischen Autobauer mit einfachsten Mitteln und neuen Arbeitsstrukturen bessere Qualität zu niedrigeren Herstellpreisen bauen konnten.



Diese Studie führte zu einem vollständigen Umdenken in Europa. Für die großen FTS-Anlagen bedeutete sie das Aus (FTS-Rezession). Alle „großen“ FTS-Hersteller beendeten ihr FTS-Engagement – ein Neuanfang mit neuen mittelständischen Spielern, neuer Technik, neuen Produkten und neuen Kunden (Branchen) stand an!

1.3 Die dritte Epoche – Gestandene Technik für die Intralogistik

Mitte der 1990er Jahre beginnt die dritte Epoche, die bis heute andauert. Es scheint aber klar, dass sie vor der Ablösung durch neue Technologien und Anwendungen steht; doch dazu mehr

² www.vdi.de/fts

³ Seit 2002 findet die FTS-Fachtagung im 2-jährigen Rhythmus an der Universität Hannover statt, www.fts-fachtagung.de, vorher in den Jahren 1991, 1993, 1995, 1998 und 2000 an der Universität Duisburg.

⁴ www.forum-fts.com, dort auch eine Liste der aktuell erfolgreich tätigen europäischen FTS-Hersteller.

⁵ James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos: The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production. Verlag: HarperPaperbacks; Auflage: Reprint (1. November 1991)

in Kapitel 5 dieses Buches. Die aktuellen Anlagen haben elektronische Steuerungen und berührungslose Sensoren. Als Leitsteuerung fungiert ein handelsüblicher PC, in den FTF sitzt entweder eine SPS oder ein Microrechner. Die Leitdraht-Spurführung spielt keine Rolle mehr. Die klassischen „freien“ Navigationstechniken sind die Magnet- und die Laser-Navigation. WLAN hat sich als Datenübertragungstechnik etabliert.

Diese Epoche zeichnet sich dadurch aus, dass die Vorherrschaft der Automobilindustrie durch eine Fülle von unterschiedlichsten Anwendern gebrochen ist. Die FTF-Stückzahlen pro Anlage sind lange nicht mehr so groß wie in der zweiten Epoche. Und eine weitere zentrale Eigenschaft zeichnet das FTS erstmals aus: Fahrerlose Transportsysteme sind heute verlässliche, probate Mittel der Intralogistik. Die Hersteller bedienen sich aus einem Füllhorn von bewährten Technologien, die sie zu betriebssicheren, leistungsstarken und anerkannten Produkten kombinieren.

Fortschritte in der Materialfluss- und Lagertechnik, verbesserte Produktionsmethoden im Maschinenbau und neue Trends in Montagetechniken unterstützen die FTS-Entwicklung. Aber auch die fortschreitenden Rechner- und Sensortechniken bringen weitere wesentliche Fortschritte in der Fahrzeug- und Steuerungstechnik und in den Anwendungsbereichen:

- Fahrzeuge mit erhöhter Geschwindigkeit beim Fahren, Rangieren, Lasthandling dank verbesserter Sensorik
- Low-Cost Fahrzeuge, oder besser: einfache Lösungen
- Alternative Energiekonzepte mit induktiver Energieübertragung
- Neue Navigationsverfahren (Magnetpunkt, Laser, Transponder, Gebäudenavigation)
- Siegeszug des PCs – im Fahrzeug, in der Anlagesteuerung und in der intelligenten Sensorik
- Datenübertragung jetzt meist per WLAN
- Neue Funktionsbereiche, wie z. B. die Bedienung eines Blocklagers, in der Kommissionierung, in der „fraktalen Fabrik“ (schlanke Produktion) oder im Krankenhaus.

Grundsätzlich gilt, dass jegliches Stückgut mit FTS transportiert werden kann. Alle Betriebe, in denen Paletten, Behälter, Container, Rollen, Pakete o. Ä. transportiert werden, können generell FTS einsetzen. So haben sich seit Mitte der 1990er Jahre bis heute mehr und mehr Branchen auf das FTS eingelassen, aber im Gegensatz zur Automobilindustrie in der zweiten Epoche, immer mit Bedacht und meist mit Erfolg.

Der Umgang mit Gütern hat sich von dem ursprünglich unilateralen Transport zu einem mehrdimensionalen Verbringen gewandelt, denn die Fahrzeuge verfügen jetzt über Einrichtungen, mit denen sie Güter praktisch von/an jeden Ort im Lager oder der Fertigung bewegen können. Darüber hinaus können sie die Güter für die Montage bedarfsgerecht und ergonomisch positionieren. Es entstehen komplexe Verkehrsnetze mit einer Vielzahl von Fahrzeugen und sich kreuzenden Fahrstrecken und einer immer weiter wachsenden Anzahl von Lastübergabestationen.

Die Technik und die Anwendungen während dieser Epoche wird das Thema in den folgenden Kapiteln sein, weshalb wir uns hier kurz halten können. Wichtig ist eine Übersicht, welche FTS-Hersteller heute noch eine große Rolle spielen und wo sie ihre Wurzeln haben. Deshalb fasst Tabelle 1-1 alle Firmen zusammen, auf die in diesem Buch verwiesen wird und zeigt Tabelle 1-2 einen Überblick über die wichtigsten Stationen des mitteleuropäischen Marktes.

Tabelle 1-1 Firmen der FTS-Branche, auf die im Folgenden verwiesen wird

Kürzel	Name	Beschreibung
Bleichert	Bleichert Förderanlagen GmbH, D-Osterburken – www.bleichert.de	FTS-Hersteller im Forum-FTS
dpm	Daum + Partner Maschinenbau GmbH, D-Aichstetten – www.daumundpartner.de	FTS-Hersteller
DS	DS Automotion GmbH, A-Linz www.ds-automotion.com	FTS-Hersteller im Forum-FTS
E&K	E&K Automation GmbH, D-Rosengarten www.ek-automation.com	FTS-Hersteller im Forum-FTS
Egemin	Egemin NV, B-Zwijndrecht www.egemin.com	FTS-Hersteller im Forum-FTS
Fox	Abteilung FOX, Götting KG, D-Lehrte www.foxit.de	Abteilung der Götting KG, die Serien-Nutzfahrzeuge automatisiert
Frog	Frog AGV Systems B.V., NL-Utrecht www.frog.nl	FTS-Hersteller im Forum-FTS
Götting	Götting KG, D-Lehrte www.götting.de	Komponenten- und Systemhersteller im Forum-FTS
MLR	MLR System GmbH, D-Ludwigsburg www.mlr.de	FTS-Hersteller im Forum-FTS
Rocla	Rocla OY, F-Järvenpää www.rocla.com	FTS-Hersteller im Forum-FTS
Schabmüller	Schabmüller GmbH, D-Berching www.schabmueller.de	Komponenten-Hersteller für Antriebs- und Lenkmotoren
SEW	SEW-Eurodrive GmbH & Co KG, D-Bruchsal – www.sew-eurodrive.de	Komponenten- und Systemhersteller für Antriebs- und Energietechnik
Sick	Sick AG, D-Waldkirch www.sick.com	Lieferant von Sicherheitskomponenten und Systeme, im Forum-FTS
SIEMENS	Siemens AG, D-Stuttgart www.siemens.com	FTS-Hersteller im Forum-FTS
SimPlan	SimPlan Integrations GmbH, D-Witten www.simplan.de	Dienstleister für Simulation und Emulation
Snox	Snox NV, B-Aartselaar www.snox.com	FTS-Hersteller im Forum-FTS
Swisslog	Swisslog Holding AG, CH-Buchs www.swisslog.com	Holding der Telelift
Telelift	Swisslog-Telelift GmbH, D-Puchheim www.telelift.de	FTS-Hersteller im Forum-FTS

Tabelle 1-2 Stationen der heutigen FTS-Hersteller, beschränkt auf den europäischen Markt

Jahr	FTS-Herst.	Ereignis / Vorgeschichte
1953	Alle	Die Firma Barrett beginnt in Amerika mit FTS.
1956	Alle	EMI stellt in England FTS her; 1973 begann man mit Kalmar in Schweden bei VOLVO mit FTS.
1962	E&K	Jungheinrich, Hamburg beginnt mit FTS (Teletrak).
1963	E&K	Die Ernst Wagner Fördertechnik, Reutlingen startet mit FTS. Mit Verkauf an die Linde AG wird der Produktname INDUMAT später zum Firmennamen.
1969	Egemin	Egemin liefert das erste FTS, allerdings mit zugekauften Fahrzeugen.
1970	Swisslog	Telelift startet mit dem Transcar-FTS. Seit 1973 in Puchheim bei München.
1971	MLR	entstand die Babcock und Bosch Transport- und Lagersysteme in Stuttgart, später (1983) in Schwieberdingen.
1973	E&K Demag	Mannesmann übernimmt DEMAG. 1992 wird die Mannesmann Demag Fördertechnik AG, Wetter gegründet. Die Wurzeln der Firma reichen bis 1910 zurück, als die Deutsche Maschinenfabrik AG (DeMAG) gegründet wurde. Parallel dazu entstand 1956 die Leo Gottwald KG, die Hafenkranen und später auch FTS im Hafensbereich bauen. In 2006 Zusammenführung der Demag Cranes & Components GmbH und Gottwald Port Technology GmbH (GPT) unter dem Dach der Demag Cranes AG, die heute noch FTF für den Einsatz im Containerhafen herstellen.
1974	MLR	Namenwechsel von Babcock und Bosch Transport- und Lagersysteme nach Babcock Transport- und Lagersysteme, weil Babcock 100 % der Geschäftsanteile übernimmt.
1980	MLR	Die Pohling-Heckel-Bleichert AG in Köln übernimmt den Bereich Transport- und Lagersysteme von Babcock. Das Unternehmen heißt fortan PHB Transport- und Lagersysteme.
1980	E&K	Die Herren Eilers & Kirf gründen ein Ingenieurbüro für Steuerungstechnik und sind seit 1988 Systempartner von Jungheinrich.
1983	Rocla	Rocla beginnt in Finnland mit FTS.
1984	FROG	FROG beginnt in NL; zunächst als Frog Navigation Systems. 2007 dann Neuanfang als FROG AGV Systems.
1984	DS	Voest Alpine, A-Linz beginnt mit FTS. Später dann Ausgliederung der TMS Transport- und Montagesysteme.
1985	MLR	Die PHB Transport- und Lagersysteme übernimmt die MAFI Transport-Systeme und ein Jahr später die Trepel GmbH, Wiesbaden. Außerdem Bildung der Holding PHB Gesellschaft für Industriebeteiligungen; darin die Firmen PHB Transport- und Lagersysteme, Eisgruber, Mafi, Trepel und BBT.
1989	Swisslog	Thyssen Aufzüge übernimmt die Telelift.
1990	MLR	Noell, Würzburg übernimmt die FTS-Aktivitäten der PHB Gruppe. Name: Noell, Niederlassung Schwieberdingen. Noell gehörte zur Preussag-Salzgitter-Gruppe.

zu Tabelle 1-2

Jahr	FTS-Herst.	Ereignis / Vorgeschichte
1993	MLR	Noell übernimmt die Firma Autonome Roboter, Hamburg und 1994 die Schoeller Transportautomation, Herzogenrath.
1993	E&K	Die FTS-Aktivitäten von Mannesmann Demag und Jungheinrich gehen über in die Demag-Jungheinrich FTS GmbH, Hamburg.
1996	MLR	MLR Soft übernimmt Noell. Neuer Name: MLR System in Schwieberdingen, ab 2000 dann in Ludwigsburg.
1996	E&K	Eilers & Kirf übernimmt die Demag-Jungheinrich FTS GmbH.
1999	Swisslog	Swisslog übernimmt die Telemift von Thyssen Aufzüge. Swisslog entstand aus der ehemaligen Sprecher & Schuh AG (seit 1898 in CH-Aarau).
2000	Fox	Die Firma Götting KG gründet das eigenständige Tochterunternehmen Fox, das Serien-Nutzfahrzeuge, also LKW und Radlader automatisiert.
2000	Egemin	Egemin beginnt mit dem Bau eigener Fahrzeuge.
2001	E&K	E&K übernimmt Indumat, die zu Linde gehörten.
2001	DS	Voest-Alpine veräußert das FTS-Geschäft der TMS an VINCI, Frankreich.
2005	DS	HK Automotion, Österreich übernimmt die TMS Automotion; 2008 dann Namensänderung DS Automotion.
2008	Götting	Die Aktivitäten der Fox GmbH werden von der Muttergesellschaft als Abteilung weitergeführt.
2008	Rocla	Rocla wird Teil der Mitsubishi Caterpillar Forklift Europe.

2 Moderne Anwendungsgebiete

In den nächsten zwei Unterkapiteln wollen wir uns mit dem modernen FTS beschäftigen, also mit typischen Anlagen und Techniken der dritten Epoche des FTS. Zunächst werden wir die Anwendungen prozessbezogen einteilen und uns dann Einsatzbeispiele aus bestimmten Branchen anschauen. Alle Beispiele wurden im Zeitraum von 2000 bis 2010 realisiert. In Kapitel 3 betrachten wir dann den Technik-Standard der dritten FTS-Epoche, der die Grundlage für die vielen erfolgreichen FTS-Realisierungen der letzten Jahre darstellt.

2.1 Aufgabenbezogene Aspekte des FTS-Einsatzes

Die Haupteinsatzgebiete des FTS liegen in der Intralogistik, also der Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Waren- und Materialflusses und Logistik, der Informationsströme sowie des Warenumschlags in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen (Def. gemäß VDMA¹).

Einige Einschränkungen sind damit verbunden: So betrachten wir nicht die sogenannten PeopleMover, automatische Fahrzeuge für den Personentransport. Das ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch noch schwierig. Erstens, weil es nur sehr wenige Applikationen gibt und zweitens, weil verbindliche Regelungen und Gesetze weitgehend fehlen.

Viele Sonderanwendungen bleiben ebenfalls unberücksichtigt: Anwendungen in der Raumfahrt, im oder unter Wasser, in der Militärtechnik, automatische Parkhäuser, Fassadenreinigung, Geh- oder Klettermaschinen.

Wir beschränken und also auf den Transport von Material, insbesondere in der Intralogistik.

2.1.1 Das FTS in Produktion und Dienstleistung

Zu Beginn dieses Kapitels wollen wir uns etwas näher mit den Aufgaben der Intralogistik beschäftigen. Denn in diesem Umfeld bewegt sich das klassische FTS.

Die Bewegung von Gütern (Stückgut, Ware, Material, Versorgungsmaterial etc.) erfolgt in unterschiedlichen Bereichen innerhalb eines Betriebes bzw. eines Betriebsgeländes, zwischen örtlich differenzierten Unternehmen oder Betriebsteilen, zwischen Unternehmen und Verbraucher.

Die Organisation, Durchführung und Optimierung dieser Güter-, Waren- und Materialflüsse innerhalb eines Unternehmens der Industrie, des Handels oder einer öffentlichen Einrichtung werden dabei als Intralogistik bezeichnet. Wesentliche Aspekte zu diesem umfassenden Themengebiet sind

- die Prozesse der Handhabung von Gütern und Material, im Besonderen im Wareneingang und -ausgang, in der Lagerhaltung und Kommissionierung, beim Transport, sowie der Übergabe und Bereitstellung derselben;

¹ VDMA = Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau