

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 16-17

Artikel: Materialflusstechnik
Autor: Kapoun, Josef
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77404>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Materialflusstechnik

Sehr viele Unternehmen sind heute durch verschiedene Marktentwicklungen, -veränderungen (wie z.B. Produktvariantenvielfalt, kürzere Produktlebensdauer, hohe Qualitätsstandards, rasch erfolgende Absatzschwankungen und daraus erfolgende kleinere Fertigungslose usw.) dazu gezwungen, sie durch Produktivitätssteigerungen aufzufangen. Dies können sie durch weitere flexible Automatisierung bzw. Robotisierung der Produktion und der Logistik sowie deren engste interaktive Integration zum CIM-Konzept (Computer Integrated Manufacturing) bzw. CIL-System (Computer Integrated Logistics) erreichen. Die Verwirklichung dieses Konzepts bzw. technischen Systems erfordert seinerseits wiederum die Integration neuer hochleistungsfähiger Antriebe und Steuerungen, schneller Datenverarbeitung und -übermittlung, intelligenter Sensoren und Greifer, leichter Programmierung usw.

Erhebliche Rationalisierungs- und leistungssteigernde Reserven liegen auch in der computergestützten Optimie-

VON JOSEF KAPOUN,
FRIBOURG

rung der ausserbetrieblichen Logistik, insbesondere auf der Beschaffungsseite durch das JIT-Konzept (Just-in-Time, d.h. produktionssynchrone Anlieferungen der Teile und Komponenten für die Produktion seitens absolut zuverlässiger, hochqualitativer und -flexibler Lieferanten).

Für die Bewältigung dieser Marktentwicklungen oder -zwänge bieten sich den Unternehmen verstärkt auch auf dem Gebiet der Materialflusstechnik dank technischen Fortschritts erhebliche bis sehr grosse Chancen in Form von neuartigen und neuen Technologien, wie zum Beispiel stationäre und mobile Roboter, Produkte und Systeme der Mikroelektronik, der Mechatronik, Optronic, neue Programmierverfahren, wissensbasierte Diagnosesysteme für Maschinen und technische Anlagen, Expertensysteme, intelligente Robotersteuerungen und -Peripheriesysteme. Gepaart durch Ausschöpfung des betrieblichen menschlichen Innovationspotentials ist es heute kein Problem mehr, die hochgradig automatisierte Produktion mit ebenfalls weitgehend automatisierter Logistik zu verkoppeln. Erkennbare Trends auf dem Gebiet der Materialfluss- bzw. Logistiktechnik werden hier dargestellt.

Durchgängige Materialflusketten

Diese Ketten von Rohstoff- und Teilelieferanten über Herstellbetriebe und Verteilzentren bis zu Fertigprodukt-ab-

nehmern werden harmonisch gebildet durch

- differenzierte Fahrzeuge (Lkw-Nutzfahrzeuge, Bahnwagen, Schiffe)
- Handhabungstechnik als Schnittstellentechnik (Stapler, Handlingmanipulatoren bei Verladern, an Umschlagplätzen, z.B. Automatikkrane für Containerumschlag, an Rangierbahnhöfen, in grossen PTT-Betrieben)
- Logistische Lade-, Lager-, Handling- und Transporteinheiten, d.h. Paletten, Behälter, Container, Werkstückträger samt deren Spendern bzw. Magazinen
- Mobile Datenerfassungsgeräte (MDE) und Kommunikationssysteme mit Funk-, Infrarot-, Laser- und sonstiger Datenübermittlung (Telefon, Telefax, Telepac, Videotex usw.).

Hochautomatisierte integrierte innerbetriebliche Logistiksysteme

Die moderne Produktions- und Logistiktechnik beruht auf den Denk- und Handlungsweisen der Systemtheorie, was konkret heisst, dass sie so gestaltet ist, dass ihre einzelnen Komponenten miteinander im Rahmen eines Gesamtkonzepts zu einem integrierten, aber auch für weitere jederzeitliche Erweiterungen und flexible Modifikationen, sowie für die Einbeziehung neuer Erkenntnisse, Verfahren, Komponenten und Produkte zu einem offenen Gesamtsystem zusammengefügt werden kann.

Manche der in diesem Sinne integrationsfähigen Produkte ermöglichen sogar «Sprünge» (insbesondere dank PPS-Software-Paketen, PPS = Planungs- und Produktions-Systeme) zwischen manueller Steuerung der betref-

fenden Geräte und Systeme direkt zur vollautomatischen Steuerung von Maschinen und Einrichtungen und damit eine problemlose Verknüpfung von bemannten Arbeitsplätzen und Automaten(systemen). Die Substitutionsprozesse in betrieblichen Materialflusssystemen verlaufen hierbei nicht nur bloss innerhalb einer technischen Stufe (z.B. als reiner Übergang vom Fahrerstand-Niederhubwagen zum Fahrersitz-Niederhubwagen oder von der Power-and-Free-Anlage zur Elektrohängebahn), sondern als «Sprung» in eine höhere Stufe (z.B. vom bemannten Regalförderzeug zum robotisierten Lagerbediengerät).

Dieser, von den massgeblichen Herstellern der Logistik-Technik und den modernen Betriebslogistikern beeinflusste und bestimmte Trend führt dazu, dass die Technik-Anwender komplette Problemlösungen, also ganzheitliche Systeme verlangen. Daher sind die Hersteller dieser Technik intensiv bestrebt, ihre Produkte integrationsfähig zu gestalten. Das bedeutet konkret, dass sie ihre Geräte, Maschinen und Einrichtungen so gestalten, dass sie als Module steuerungstechnisch und organisatorisch in ganzheitliche Konzepte eingebunden werden können. Das gilt natürlich auch für die Systemperipherie, Steuerungskomponenten und Mikroprozessoren für die Automatisierung von Abläufen sowie deren Überwachung, integrierbare Zähl- und Wägesysteme, Sensoren, Vision- und Bilderkennungssysteme.

Weiterentwicklungen und neue Systeme in diesem Sinne sind neben flurgebundenen und flurfreien Förderanlagen und Lagersystemen auch bei Sortier- und Verteilanlagen, bei der automatischen und robotisierten Kommissionierung sowie bei der datentechnischen Einbindung manuell bedienter Förder- und Handlingmittel zu beobachten.

Neuartige und neue Steuerungssysteme

Die vorgängig aufgezeigte Entwicklung der inner- und/oder ausserbetrieblich einsetzbaren Logistik-Technik wird sehr stark von den mit wachsenden logistischen Verflechtungen einhergehenden Produktions-, Transport-, Speditions- und sonstigen Dienstleistungsunternehmen bestimmt. Die zunehmende Integration der inner- und aus-

serbetrieblichen Material- und Produktflüsse in rechnergesteuerte Gesamtsysteme hat unter anderem dazu geführt, dass der Anteil der Steuerungstechnik stetig wächst und vielfach bereits höher als der Wert der Förder-, Handling-, Lager- oder Verpackungsmaschinen und -anlagen ist. Vor allem der innerbetriebliche automatisierte und flexible Materialfluss erfordert einen immer grösseren (und teureren) Anteil der Steuerungstechnologie an den Gesamtlösungen. Beispielsweise bei der Konzipierung und Implementierung computergestützter Transportsteuerungssysteme geht der Trend des Ausbaus von Datenbanksystemen sowie der zunehmenden Verkopplung von Steuerungs-Insellösungen zu einem gesamtheitlichen Steuerungskonzept, wobei die Transportsteuerung ihrerseits nur eine Komponente einer unternehmensübergreifenden CIM-Konzeption sein wird. Zunehmende Bedeutung erlangen wird die rechnergestützte Transportsteuerung beim Ausbau absatzorientierter Just-in-time-Produktion der grösseren Hersteller und Lieferanten. Die Transportsteuerung gewinnt somit zunehmende Bedeutung als zukunftsweisendes und flexibles Instrument zur innerbetrieblichen Kostensenkung im Unternehmen der neunziger Jahre.

Dieser Trend erfasst vor allem die Prozesssteuerung immer grösserer technischer logistischer Systeme. Computer (Mainframe, Mini-, Micro-Computer, personal Computer, Workstationen usw. dominieren dabei die Szene: im produktionsnahen Materialpuffer, im Kleinteilelager, im Hochregallager, in der Sortieranlage, im FTS-Betrieb, in verketteten Fördersystemen, Verpackungslinien, Flexiblen Fertigungszellen usw. Seit es gelingt, selbst freigeformte Objekte (wie beispielsweise das Gepäck auf Flughäfen) per Strichcode und Laser-Vision-Systeme eindeutig zu identifizieren und zu lokalisieren, sind dem steuernden Gestaltungswillen der logistikorientierten Ingenieure kaum noch Grenzen gesetzt.

Die starke Marktorientierung der Unternehmen fordert aber neben der marktausgerichteten Produktentwicklung und dem professionellen Marketing ein Abrücken von herkömmlichen Produktionsstrukturen und -prinzipien. Dabei gilt es, nicht mehr ausschliesslich die Auslastung der Kapazitäten, sondern vielmehr die Durchgängigkeit des Materialflusses zu steuern. Das Ziel ist, das benötigte Material zum richtigen Zeitpunkt der bestimmten Produktionsstufe zuzuführen, um es dort möglichst verzugslos weiterzubearbeiten. Das bedeutet konkret beispielsweise die weitere Dezentralisierung von

innerbetrieblichen Lägern in Richtung der computergestützten Fertigungszellen und -linien und damit auch höhere Materialspliefrequenzen (d.h. flurbundene oder flurfreie automatische Transporte) bei sinkendem durchschnittlichem Gewicht des transportierten Materials (Teile, Komponenten, Werkzeuge, Halb- und Fertigprodukte). Ohne feine, vom Rechner beherrschte Steuerungstechnik würde diese Entwicklung weit weniger rasant ablaufen.

Technische Flexibilisierung der Betriebslogistik

Ein richtig aufgebautes, geführtes und betriebenes Logistiksystem eines Industrie-, Handels- oder Dienstleistungsunternehmens (z.B. eines Spediteurs mit Lkw-Fuhrpark und Lagern, oder eines Frachtführers, z.B. eines Camionneurs) kann insbesondere folgende Nutzeffekte und Vorteile bringen:

- a) Kosten- und Ausgabensenkung, z.B. durch
 - tiefere Lager- bzw. Materialbestände
 - optimale Fuhrparkgrösse und -zusammensetzung (Typen und Nutzlastkategorien der Fahrzeuge, z.B. Lkw, Anhänger und Sattelaufleger für Ferntransporte, Kastenwagen und Camionnetten für städtische Warenfeinverteilung)
 - optimale, computergestützte Routenplanung für die einzelnen Lieferwagen und entsprechender Fahrzeugeinsatz (z.B. durch Funkgeräte, Fahrzeug-Bordcomputer)
 - kürzere Durchlaufzeiten in der Fertigung und zügige Auslieferung der Fertigprodukte an die Abnehmer, sowie
- b) bessere Wettbewerbsfähigkeit des betreffenden Unternehmens vor allem durch
 - flexible Produktion und Logistik, die sich insbesondere durch die Fähigkeit äussert, grössere Produktvielfalt mit raschen Produktwechseln bei kleinen aber rationellen Losgrössen zu gewährleisten, und
 - höheres Lieferserviceniveau, d.h. kürzere Lieferfristen, pünktliche und vollständige Produktlieferungen.

Betriebliches Logistik-Management

Mit computergestützten Layout-Planungs-, Demonstrations- und Simulationstechniken sowie Expertensystemen (mit Wissensbanken und Schlussfolgerungsmechanismen, z.B. mit Fach-

wissen über komplexe und heuristische Problemlösungsverfahren) erhält das betriebliche Logistik-Management sehr wirksame Unterstützung bei ihren täglichen Planungs-, Gestaltungs-, Steuerungs- und Kontrollaufgaben.

Diese Art von menschen- und organisationsbedingter Flexibilität der Logistik muss sich jedes Unternehmen selbst schaffen. Die innerbetriebliche Logistik ist heute jedoch bereits weitgehend automatisiert und computerisiert. Damit sie auch technisch (Hardware) und technologisch (Software, Steuerungen) flexibel, also rasch anpassungsfähig bezüglich Aufgabenausführung und Werkstücke bzw. Handhabungsobjekte sein kann, muss sie Logistik-Geräte, -Maschinen, -Anlagen und -Einrichtungen anwenden, die hauptsächlich folgendermassen aufgebaut und ausgerüstet sind:

- modularer Aufbau mit einer durchdenken, möglichst standardisierten Baukastensystematik bei der Hardware und Software
- hierarchische Steuerungsarchitektur
- optimale Materialflusswege, -schnittstellen und -techniken (kurze, kreuzungslose, energiesparende, gefahrlose, automatische Fördermittel und -strecken sowie deren problemlose Verkettung mit Fertigungsmaschinen und Arbeitsplätzen).

Neue logistische Geräte und Systeme

Mit neuen oder weiterentwickelten Geräten und Systemen erfüllt die Logistik-Technik die Anforderungen der Industrie-, Handels- und Dienstleistungsunternehmen nach Beschleunigung des Materialdurchlaufs, Dezentralisierung der Lager- und Puffereinrichtungen sowie der JIT(Just in Time)-Versorgung des Betriebes und/oder der Flexiblen Fertigungszellen. Hohe Leistungen, Wirtschaftlichkeit, Verfügbarkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit sind zusätzliche Faktoren, die bei der technischen Neu- und Weiterentwicklung hoch beachtet werden. Dazu kommt der modulare Aufbau von Speicher-, Förder-, Zuführ-/Abführ- und Handhabungseinrichtungen zwecks Integrierbarkeit in höherstufige und komplexere Fertigungs- und Logistik-Automatensysteme. Etwas individueller betrachtet sind es vor allem folgende Komponenten und Teilsysteme automatisierter flexibler Produktions- und Materialflusssysteme:

Flexible Förderhilfsmittel

Für die Bewegung der Werkstücke, Werkzeuge und Vorrichtungen in Form von Paletten, Palettencontainern, Be-

haltern oder Werkstückträgern geht der Trend weg vom Einzelförderer hin zu komplexen Fördersystemen in der flexiblen Produktion, bei der Verkettung von Bearbeitungs- und Montagestationen usw. Dadurch wird der Anteil der Steuerungstechnik immer höher und die Anlagenverfügbarkeit immer wichtiger. Bei den Stetigförderern für Schüttgüter haben sich gekapselte Systeme (Becherwerke, Trogkettenförderer u.dgl.) aus Gründen des Umweltschutzes durchgesetzt. Eine neu durchdachte Entwicklung ist der sogenannte Gurtrohrförderer.

Verfügbare Fördermittel

Für die erforderlichen Transportvorgänge stehen sehr unterschiedliche Fördermittel zur Verfügung:

- *Angetriebene Rollen-, Ketten- und Bandförderer*
- *Elektrohängebahnen:* Sie können heute Lasten jeder Art und mit immer höheren Gewichten aufnehmen. Angepasste Lastaufnahmemittel und ausgeklügelte Steuerungs- und Positioniertechniken machen Elektrohängebahnen zu einem wichtigen Hilfsmittel für die Produktion, die auch nach dem JIT-Konzept durch diese Overhead-Förderer fertigungs- und montagesynchron ver- und entsorgt werden kann. Elektrohängebahnen werden auch mit Manipulatoren und Robotern bestückt und werden somit zu mobilen Robotern für verschiedene Aufgaben in der Produktion und Logistik
- *Flurförderzeuge und fahrerlose Transportsysteme* mit aktiver, passiver oder virtueller Leitspur (siehe weiter)
- *Programmierbare Brückenkrane:* Zunehmend werden rechnergesteuerte Krane in automatisierte Produktions- und (Container-)Umschlagprozesse integriert. Sie sind mit moderner Antriebs- und Steuerungstechnik und mit neuentwickelten Lastaufnahmemitteln ausgestattet, sind äusserst positioniergenau und hochzuverlässig – und an verschiedene Lasten leicht anpassbar, also flexibel einsetzbar. Dank der heute problemlosen frei programmierbaren Automatik sind auch Krane heute vielfach in Materialflusssysteme integrierbar und für JIT-Versorgung/-Entsorgung von Maschinen von oben herab einsetzbar
- *Handhabungssysteme* für die Ver- und Entsorgung von Fertigungsmaschinen oder für Montageaufgaben, Be- und Entladeautomaten für Fahrzeuge in der Produktion an der Laderampe, in der Spedition, Übergabestationen, Verteilfahrzeuge, verschiedene Manipulatoren und Roboter.

«Intelligente» Systeme

Mit Hilfe der Elektronik, Mechatronik und Optronik werden heute beispielsweise auch Serienhebezeuge zu «intelligenten» Produkten, die in automatisch gesteuerte Abläufe eingebunden werden können. Selbsttätige Geschwindigkeitsregulierung und Lastenmomentüberwachung machen diese Hebezeuge sicherer und benutzerfreundlicher. Modularer Aufbau erleichtern ihre Wartung und Anpassung an unterschiedliche Handhabungsobjekte und Einsatzbedingungen.

Moderne Fahrerlose Transportsysteme (FTS)

Manuelle, halbautomatische und vollautomatische Flurförderzeuge verschiedener Bauart sind heute – neben Overhead-Förderern wie Power-and-Free-Anlagen und Elektrohängebahnen – ein unverzichtbares Hilfsmittel in der Transportkette und werden in allen bekannten technischen Ausführungsformen und Automatisierungsgraden weiterhin entwickelt und eingesetzt.

Zurückblickend auf die technische Entwicklung der Flurförderzeuge (bodengebundene Fahrzeuge) wurden ursprünglich einfache Transportfunktionen (simples befördern) erfüllt. Die technische Revolution durch Mikroelektronik, Mechatronik, Optronik, künstliche Intelligenz) hat dazu beigetragen, dass flurgebundene – gerade so wie flurfreie – Förderzeuge verstärkt und damit trendmässig automatisiert werden. Das zeigt sich vor allem bei den Fahrerlosen Transportsystemen (FTS), die bereits in ihrer 3. Generation entwickelt und eingesetzt werden. Sie werden dabei nicht wie ursprünglich als blosse Transportmittel angewendet, sondern als flexible multifunktionale Automaten, also Roboter, die zusätzlich neben der Förderfunktion noch weitere Aufgaben wie z.B. Ver- und Entsorgung von Fertigungsmaschinen, Montageplätzen, Flexiblen Fertigungszellen (FFZ) und -linien mit Teilenerkennung, Paletten und Produkten, mobiles Puffern dieser Objekte und anderes mehr übernehmen. Sie werden somit in grosse komplexe automatisierte Produktions- und Logistiksysteme integriert, in welchen sie als material- und datenflusstechnische Verbindungsglieder als «Integratoren» bzw. «Systemdirektoren» automatisch fungieren.

Eigenschaften

1. Kostengünstigkeit:

- Einfaches, rechnergestütztes Anlage-Engineering

- Einfache, ungeschaltete aktive Leitlinie (bei FTS der 1. und 2. Generation)
- Freiflug (gesteuerte Fahrt) für alle Kurven und Kurzstrecken (Stichstrecken)
- Einfachere Steuerungshierarchie (Hardware und Software)
- Kürzere Inbetriebnahmezeiten, erreicht durch einfachere Strukturen, und bessere Hilfsmittel
- Modular aufgebaute, gut anpassbare Fahrzeugfamilie.

2. Leistungsfähigkeit:

- Schnelle Kommunikation zwischen ortsfester Steuerung und Robotfahrzeug
- Durch veränderte Fahrzeuggeometrie erhöhte Geschwindigkeit bei der gesteuerten (ungeführten) Fahrt
- Kleine zu übertragende Datenmenge
- Lokale, individuelle Kreuzungsregelung.

3. Flexibilität:

- Nur geradlinige optische oder induktive Spurführung (d.h. Führung des Robotfahrzeugs auf geraden Linien durch passive oder aktive Leitlinie)
- Gesteuerte Kurvenfahrt (frei programmierbare Fahrzeugführung auf einer virtuellen Linie), die kurzfristig und leicht verändert werden kann
- Problemloses Einsetzen von weiteren Flurförderzeugen im laufenden FTS-Betrieb
- Layout-Abbild der befahrenen Betriebshalle(n) in den Fahrzeugen über Down Line Loading änderbar
- Der Anwender ist in der Lage, Änderungen des Strecken-Layouts selbst vorzunehmen.

4. Bedienerfreundlichkeit:

- Ein umfassendes Diagnosesystem (später auch wissensbasiertes Diagnosesystem) hilft Fehler zu lokalisieren
- Einfacher Restart bei Ausfall von Teilkomponenten des Fahrzeugs
- Grafische Darstellung des Prozessabildes für den Dispatcher und Programmierer.

Die Wirtschaftlichkeit moderner FTS umfasst im wesentlichen folgende quantitative und qualitative Faktoren und Aspekte:

- a) vernünftiger Verkaufspreis und verhältnismässig tiefe Installationskosten und damit kurze Amortisationszeit der Förderanlage
- b) hohe Leistungswirksamkeit (Reaktionsgeschwindigkeit, wiederhol- und Positioniergenauigkeit, Tragfähigkeit usw.)

- c) hohe Arbeitssicherheit einschliesslich guter Ergonomie, Umweltverträglichkeit u.dgl.
- d) tiefe Betriebskosten bei hoher technischer Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Fördersystems.

Lastaufnahmemittel

Bei der FTS-Hardware statten die Hersteller die Fahrzeuge mit neuartigen, die Einsatz- und Erweiterungsflexibilität steigernden Lastaufnahmemitteln aus wie z.B.

- Ausrüstung des FTS mit einer Satellitenübergabeeinheit für Spezialpaletten oder Behälter. Diese Einheit («Krabbeltier») übernimmt das automatische Übersetzen von verhältnismässig schweren Lasten (z.B. bis 1,25 Tonnen) vom FTS aus bzw. ins ebenfalls entsprechend ausgerüstete Maschinen- oder Lagersystem
- Ausstattung eines FTS mit einem robotisierten, d.h. über A, B, C und X, Y, Z-Achsen fein beweglichen (steuerbaren) Hub-, Dreh-, Wende- und Neigungstisch, eventuell auch mit einer zusätzlichen Teleskopgabel zur Ver- und Entsorgung eines automatischen Paletten- oder Behälterlagers in der Lagervorzone einschliesslich Kommissionieraufgaben
- Ausrüstung des FTS mit einem speziellen Laserscanner für die genaue Aufnahme von den in den Andockstellen («Bahnhöfen») abgestellten Paletten. Dank eines an der Palette angebrachten Reflektors positioniert das Robotfahrzeug in allen Achsen auch bei schrägsteher Palette mit einer Genauigkeit von 4 bis 5 Millimetern.

Vollautomatische und manuelle Lastaufnahme

Fortschrittliche FTS werden ferner sowohl für vollautomatische als auch für manuelle Lastaufnahme-/übergabefunktionen konstruiert. Für die manuelle Lastübernahme/übergabe bei sonstigem automatischem Betrieb wird das betreffende FTS-Fahrzeug als ein Deichselstapler ausgestaltet: Zur Lastübergabe klappt ein Werker die Deichsel herunter und führt den Stapler aus der FTS-Leitspur heraus zum Arbeitsplatz, an dem die Last (z.B. Gitterbox-Palette mit Teilen) aufgenommen oder abgesetzt werden soll. Dieser Lastwechsel wird von der Hand gesteuert. Anschliessend kann der Werker (Mitarbeiter) über die Tastatur am Fahrzeug ein neues Ziel programmieren: Er drückt die Starttaste, tritt aus dem Kollisionsbereich heraus, und das Fahrzeug kehrt automatisch auf seine Transport- bzw. Leitspur zurück und steuert das vorgegebene Ziel auf dem

kürzesten Wege an. Werden die einzelnen FTS-Fahrzeuge von einem mit einem Dispatcher besetzten Leitstand aus gesteuert, so entfällt die Zielangabe durch den Werker vor Ort nach dem Lastwechsel.

Diese äusserst flexiblen und wirtschaftlichen FTS-Deichselstapler eignen sich auch für Industriebetriebe, in denen die Bearbeitungsmaschinen selbst bereits weitgehend automatisiert sind. Der Werker an der Fertigungsmaschine hat nur noch Überwachung- und Einrichtfunktionen. Die ankommenden FTS-Fahrzeuge docken automatisch an vorbestimmten Lastübergabestellen an. Dabei ist nicht nur der Transport automatisiert, sondern die Anlieferung und Abführung des transportierten Materials. Die Fahrzeugbauformen für diesen Einsatzzweck sind:

- Hubtischversion
- Rolltischversion oder
- Teleskopgabel-Version für seitliche Lastaufnahme.

Generationen von Fahrerlosen Transportsystemen

Wie schon vorne erwähnt, gibt es bereits drei Generationen von Robotfahrzeugen. Da sie den allgemeinen Trend bei der Fahrzeugtechnologie aufzeigen, sollen sie hier bezüglich ihres wichtigsten Merkmals – des Führungs- und Steuerungssystems – dargestellt werden.

FTS der ersten Generation

Fahrerlose Transportsysteme der ersten Generation sind Flurförderzeuge, deren horizontale Bewegungen – je nach Einsatzart und Umgebungsbedingungen – ausschliesslich auf einer

- a) aktiven oder auf einer
- b) passiven Leitlinie erfolgen.

Führungssystem mit aktivem Leitdraht

Die aktive Leitlinie wird mit induktiven Drähten bzw. Schlaufen, die in die befahrene Bodenoberfläche eingelassen sind, realisiert. Mittels Antenne(n) (Suchspulen) am FTS-Fahrzeug wird das elektromagnetische Wechselfeld des im/am Boden verlegten, wechselstromdurchflossenen Leitdrahtes detektiert. Diese Führungstechnik wird heute von fast allen FTS-Herstellern angeboten.

Innerhalb der aktiven bzw. induktiven Leitlinien kann noch zwischen Ein- (geschaltet und ungeschaltet) und Mehrfrequenzsystemen unterschieden werden.

Im induktiven Führungssystem ist es möglich, in der gleichen Technologie die Funktionen Wegfindung, Kollisionsverhinderung und Datenübertragung zu realisieren.

Die gesamte Fahrzeugsteuerung führt mittels Online-Datenübertragung (durch Leitdraht oder mittels Infrarot) der zentrale Steuerungs- und Überwachungsrechner – der sogenannte «Systemdirektor» – durch. Bei diesem Konzept der zentralen Steuerung aller FTS-Fahrzeuge im gesamten FTS-Netz des betreffenden Betriebes kennen die einzelnen Fahrzeuge die Topologie des ganzen befahrenen Streckensystems nicht. Die Fahrzeuge können lediglich anhand der im/auf dem Boden verlegten Codierung – Responder – ihre jeweilige Position im Streckennetz an die übergeordnete Steuerung des Zentralrechners melden. Der «Systemdirektor» ruft in einem Polling-Verfahren die einzelnen Fahrzeuge und fordert eine Status-Meldung an. In Abhängigkeit vom System-Status gibt er dann einen Befehl an jedes Fahrzeug. Auf diese Art und Weise werden die Fahrzeuge durch das ganze, mit aktiven Leitlinien gebildete Streckennetz geführt, wobei auch die Abstandshaltung und die Vorfahrtsregelung vom «Systemdirektor» übernommen wird.

Darüber hinaus obliegt dem «Systemdirektor» (zentralen Steuerungsrechner) die Prioritätenverwaltung der anstehenden Transportaufträge und die Fahrzeugdisposition. Über Schnittstellen steht er sowohl mit benachbarten rechnergestützten Produktions-/Logistiksystemen, z.B. mit dem Kleinteile- oder Palettenhochregallager als auch mit dem übergeordneten Prozessrechner, in Verbindung.

Dieses Führungskonzept gewährleistet eine schnelle Reaktion auf geänderte Streckennetzzustände (z.B. Hindernisse, ausgefallene Fahrzeuge), da der «Systemdirektor» jederzeit über die genaue Gesamtsituation und die Position jedes einzelnen Fahrzeugs online informiert ist. Die Kommunikation zwischen den FTS-Einheiten und dem «Systemdirektor» geschieht induktiv permanent über den Leitdraht, so dass neben dem Leitdraht und den Respondern keine weiteren Bodeneinbauten erforderlich sind.

Während ihres Einsatzes melden die Fahrzeuge an den Leitstandrechner, den «Systemdirektor», ein geschlossenes statistisches Datengerüst ihrer Fahrbewegungen, Wartezeiten, Tätigkeiten bei der Auftragsausführung sowie ihre sonstigen Aktivitäten im Zeitablauf. Diese Datenbestände werden im Rechner unter anderem ausgewertet für eine Analyse von Engpässen und für Vorschläge

zur Optimierung des Streckennetzes, des Systems der Pufferlager, des Kommunikationsnetzes, der Fahrzeugwartung; zudem für eine Analyse von Schwankungen in der Transportmatrix und für Vorschläge zur Optimierung der Bereitstellsteuerung und für die programminterne Optimierung der Steuerungsparameter für die Auftrags-zuteilung.

Die zentrale Überwachung der Förder-vorgänge geschieht durch Lichtschranken an den Fahrzeugen und durch ortsfeste Reflektoren. Initiatoren an allen Stationen des Streckennetzes dienen zur Initiierung von Transportaufträgen und zur Darstellung des Belegzustandes auf dem Bildschirm der System-Farbgrafik des mit einem Dispatcher bzw. Disponenten bemannten Leit- und Überwachungsstandes. Das Führungssystem dieses FTS-Konzepts schliesst also Eingriffe von Hand des Disponenten nicht aus.

Auf dem Farbgrafikbildschirm des Leitstandes werden dem Disponenten alle für die Fahrzeugsteuerung erforderlichen Informationen visualisiert. Hierzu zählen das Streckennetz, die jeweilige Position der Fahrzeuge, zugeteilte Aufträge, Belegungszustände aller Stationen, Warteschlangen der zugeordneten und offenen Transportaufträge sowie die Pufferlagerbestände.

Den einzelnen FTS-Fahrzeugen wird vom Leitreechner oder vom Disponenten jeweils ein Ziel eingegeben. Diese Zieleingabe kann an Stoppstationen geschehen, ebenso kann ein Werker ein Fahrzeug einfach auf der Fahrt anhalten und ein Ziel von Hand programmieren. Dadurch können beide Fahrtführungen flexibel genutzt werden: sowohl für Fahrten auf einem Standard-Rundkurs als auch für einen Taxibetrieb, bei welchem einzelne Fahrzeuge für spezielle Fahrten angefordert werden.

Bei diesem nach Bedarf automatischen oder punktuell manuellen FTS-Führungssystem sind neben stationären Datenübertragungseinrichtungen auch Infrarot- oder Funkverbindungen zwischen dem Leitstand und den einzelnen Fahrzeugen notwendig. Mittels Fadenkreuz wählt der Disponent die einzelnen FTS-Einheiten aus und gibt ihnen die Führungs- bzw. Steuerungsdaten durch.

Neuerlich lassen sich mit der drahtlosen Datenübertragung per Funk oder Infrarotlicht auch andere (also nicht bloss FTS) manuell bediente Flurförderzeuge in die Rechnersteuerung einbinden.

Die **Vorteile** dieses zentralisierten FTS-Führungssystems mit aktiven Streckennetzlinien sind:

- erprobte, bewährte Technik
- sichere Führung der Fahrzeuge, und
- Unempfindlichkeit der im Boden eingelassenen induktiven Leitdrähte gegen Verschmutzung.

Nachteile dieses Führungssystems sind:

- hoher Installationsaufwand für Mehrfrequenz- und geschaltete Leitungssysteme
- Beeinflussung der aktiven Leitdrähte durch Eisen im oder auf dem befahrenen Boden, und
- Staubentwicklung bei Fräsen der Fahrzeugrädern.

Führungssystem mit passivem Leitdraht

Zu den Fahrerlosen Transportsystemen der ersten Generation (die wie aufgezeigt graduell und punktuell weiterentwickelt wird) gehören neben solchen mit dem aktiven Leitdraht-Führungssystem auch solche mit einem passiven Leitdraht-Steuerungssystem. Dabei können die passiven Leitlinien (auch Leitpunkte genannte) mit Metallbändern, Reflexionsbändern, Farbstreifen, Orientierungspunkten (aufgeklebt) am Boden oder im Raum (angebracht z.B. an den Maschinen der befahrenen Werkhalle) realisiert werden. Diese Bänder oder (Orientierungs-)Punkte werden durch entsprechende Sensoren an den FTS-Fahrzeugen erfasst. Es werden dabei heute:

- Optische Sensoren (Optosensoren)
- Induktive Sensoren (aktive Elemente auf dem Fahrzeug)
 - Laser-Sensoren
- Visionssysteme (bestehend aus mehreren Kameras), und zunehmend auch
- Bildverarbeitungssysteme eingesetzt.

Für die optische Spurführung von FTS-Fahrzeugen sind bereits auch Sensoren entwickelt worden, die unempfindlicher gegenüber Beeinflussung durch die Umwelt sind (z.B. Unterbrüche der Leitspur, geringere Kontraste der markierten Bänder oder Maschinen usw.).

In diesem rein passiven Führungssystem muss die Wegfindung durch die Fahrzeuge selbst erfolgen. Es gibt auch keine Möglichkeit, mit den gleichen passiven Elementen eine übergeordnete Kollisionsverhinderung oder eine Kommunikation zwischen Leitstand und den Fahrzeugen zu realisieren.

Betriebssysteme mit Fahrerlosen Transportsystemen mit Führung über passive Leitlinien weisen vor allem folgende Vorteile auf:

- Kleiner Installationsaufwand (Ausnahme: im Boden eingelegtes dickes Metallband)

- Keine Staubentwicklung in speziellen Räumen (z.B. in der Elektroindustrie)
- Hohe Flexibilität hinsichtlich Fahrkursänderungen (das passive Metallband kann über Nacht auf dem Fabrikboden leicht verlegt werden
- mit Klebstoff als Befestigungsmittel).

Die Nachteile dieses Führungssystems sind:

- Empfindlichkeit auf Verschmutzung, Schneefall, Vereisung (auf dem Werkgelände, auf welchem die FTS ebenfalls fahren können)
- Aufwendige Überprüfung der richtigen Fahrzeug-Funktion (Verlassen der Leitlinie).

FTS der zweiten Generation

Das Führungssystem der Fahrerlosen Transportsysteme der zweiten Generation zeichnet sich dadurch aus, dass die einzelnen Fahrzeuge zwar weiterhin sich auf einer passiven oder aktiven Leitlinie bewegen, diese aber für kurze Strecken (bis ca. 6 Meter Länge) verlassen können und dabei eine virtuelle (nicht physische, sondern nur gedachte, fiktive, frei programmierbare Linie befolgen. Es handelt sich hierbei vor allem um kurze Stichstrecken (Ausfahrten von der Hauptstrecke) zu bestimmten Stationen, z.B. zu ver- und entsorgenden Maschinen.

Die Hauptentwicklung bei diesen Lösungen des Führungssystems geht dahin, dass die Fahrzeuge an wenigen Markierungen am Streckennetz (Maschinen, Türen u. dgl.) mittels Ultraschall- und/oder optischer Sensoren ihre Umwelt «abtasten», also erkennen und dadurch ihren Weg über den Speicher ihres mitgeführten (Bord-)Rechners - in welchem die jeweiligen Fahrziele von den Werkern einprogrammiert sind - selbst wählen.

Der wichtigste Vorteil dieser FTS-Generation ist, dass die Fahrzeuge systemunabhängiger und flexibler sind als Fahrzeuge der ersten Generation, die nur entlang einer aktiven oder passiven Leitlinie fahren können, und dies bei gleicher Wirtschaftlichkeit und verhältnismässig niedrigen Einstiegskosten.

FTS der dritten Generation

Fahrerlose Transportsysteme der letzten Generation kommen bei der Fahrzeugführung ohne jeden Leitdraht oder Bezugs- bzw. Orientierungspunkte, also ohne Boden- oder Raummarkierungen aus. Sie verkehren nur auf virtuellen, also frei programmierbaren Strecken und orientieren sich dabei nur an der natürlichen Umgebung. Der Fahrkurs wird durch das im Fahrzeugrechner (Bordcomputer) gespeicherte Pro-

gramm Weg-Winkelfunktion gesteuert. Das FTS-Fahrzeug wird nicht durch eine physikalische Leitlinie (Leitdraht, Metallband, reflektierende Markierungspunkte) geführt, es bewegt sich leitspurlos. Die Orientierung des Fahrzeugs basiert auf Doppelnavigation anhand von Odometrie in Verbindung mit Ultraschall-Abstandsmessungen zur natürlichen Umgebung. Wenn Gegenstände oder Aufbauten am Fahrbahnrand über grössere Strecken fehlen, werden die Fahrzeuge mit Laserkreisel ausgerüstet. Dadurch wird das Fahrzeug fähig, auch Freiflächen zu überfahren. Den Kern des Orientierungsverfahrens bildet nicht die Sensorik, sondern eine Serie komplexer mathematischer Verfahren auf Basis eines Fuzzy-Set-Modells. Die Spurtreue ist geringer als bei induktiv gesteuerten FTS-Fahrzeugen, sie liegt bei plus/minus 10 Zentimeter. Das berührungslose Abstandsmesssystem garantiert jedoch die Einhaltung der Sicherheitsabstände zwischen den einzelnen nacheinander fahrenden Fahrzeugen. Breitere Fahrzeuge sind nicht erforderlich, und eine Spurrillenbildung im Boden ist nicht zu erwarten. Die Zielsteuerung ist auf die Fahrzeuge übertragen. Jede FTS-Einheit findet allein den kürzesten Weg zum vorgegebenen Bestimmungsort (Ziel). An Kreuzungen und Weichenpunkten einigen sich die Fahrzeuge direkt untereinander über die Vorfahrt. Deren Entscheidung beruht auf einem Vergleich von Streckenpriorität, Auftragspriorität, Wartezeit (Warteschlange) und anderen programmässigen Parametern. Auch Bildung, Steuerung und Auflösung von Konvoi-Fahrten wird zwischen den Fahrzeugen im Dialog geregelt. Stationäre Einrichtungen oder gar ein Zentralrechner werden für die Verkehrssteuerung aller Fahrzeuge nicht gebraucht.

Heute wird die virtuelle Fahrt der FTS-Fahrzeuge vor allem in Kurven und im Bereich der Übernahme-/Übergabestellen angewendet (also bei den FTS der zweiten Generation. Bei den Fahrzeugen der dritten Generation wird das ganze Streckennetz virtuell befahren. Von einer definierten Ausgangsposition wird die vom Bordcomputer gesteuerte Fahrt eingeleitet, das heisst, die vorprogrammierte (virtuelle) Strecke abgefahren. Das Fahrzeug gänzlich ohne äussere Orientierungspunkte im Fertigungs-, Montage- und/oder Logistikbereich des betreffenden Unternehmens (einschliesslich seines Werkhofes, wenn erforderlich).

Die Auffahrtsicherung der Fahrzeuge zum Schutz von Personen und Einrichtungen erfolgt zweistufig. Ein Schutzbereich von etwa einem halben Meter rund um die Fahrzeugfront wird berüh-

rungslos abgetastet. Eingesetzt wird hierfür ein spezielles Ultraschall-Sicherungssystem: Wird ein Hindernis im genannten - äusseren - Schutzbereich angetroffen, so geht das Fahrzeug auf Schleichfahrt. War eine Person im Wege, die auf das akustische und/oder Lichtsignal hin die Fahrbahn wieder frei macht, dann schaltet das Fahrzeug nach einer kurzen Schleichfahrt wieder auf Normalgeschwindigkeit. Andernfalls wird ein Bumper angesprochen, der das Fahrzeug stoppt.

Vorteile dieser neuesten FTS-Technologie sind:

- Kein Aufwand für Streckeninstallationen - Möglichkeit der schnellen Umstellung der Anfahrpositionen (durch einfaches Umprogrammieren der virtuellen Leitlinien)
- Möglichkeit der optimalen (virtuellen) Kurvenführung (Wegoptimierung).

Als *Nachteile* werden noch angesehen:

- Ungenauigkeit der Fahrt (Zielsteuerung) nimmt mit der Länge der Fahrstrecke zu (vor allem infolge der Bodenbeschaffenheit)
- Aufwendigere Überprüfung der Fahrzeugfunktion (beim Verlassen der virtuellen Leitlinie).

Der Entwicklungstrend bei dieser jüngsten FTS-Generation geht in Richtung der Ausstattung der Fahrzeuge mit Trägheitsnavigations- und Bildererkennungssystem und wissensbasiertem Diagnosesystem, wodurch die einzelnen FTS-Einheiten und das ganze von ihnen befahrene und bediente Produktions- und Logistiknetz des betreffenden Unternehmens eine zentrale und/oder (zum Teil) dezentrale Eigenintelligenz erhält. Gleichzeitig werden durch die Weiterentwicklung dieser Robofahrzeuge auch wirtschaftliche Lösungen gesucht, denn neue Technologien einzusetzen lohnt sich in der Praxis nur, wenn sie den Anwendern zu einem tragbaren Preis merkliche quantitative und qualitative Vorteile bringen.

Entwicklung neuer FTS-Planungs- und Führungssysteme

Bei jeder Neuinstallation von FTS-Anlagen (-Netzen) sind heute vom Hersteller umfangreiche Berechnungen und Software-Entwicklungen vorzunehmen. Neben teuren computergestützten Simulationen von Materialflussmodellen sind unabhängige Hüllkurven-Auswertungen durchzuführen, die aber meist durch ihre Ergebnisse die Wirklichkeit, das heisst die Fahrzeuge mit ihren Bewegungen in der vorgesehenen bzw. geplanten Umgebung, nicht exakt

genug abbilden und nachahmen (simulieren) können.

Bei Änderungen im realen Strecken-Layout müssen vom Planer und Hersteller von FTS-Anlagen neben Hardware-Änderungen auch anspruchsvolle und teure Software-Entwicklungen für die Steuerprogramme des Fahrkurses durchgeführt werden.

Integrierte Planungs- und Gestaltungssysteme

Aus diesen Hauptgründen entsteht die Forderung der FTS-Anwender nach leistungsfähigen, integrierten Planungs- und Gestaltungssystemen und -instrumenten, die für ein breites Spektrum von FTS-Anlagen bzw. Streckennetzen universell eingesetzt werden können. In einem solchen System und Instrumentarium sind die Komponenten zur Fahrkursplanung, zum Test und zur On-line-Führung der FTS-Fahrzeuge in einem Gesamtpaket integriert. Ausgehend von einem a priori bekannten, CAD-gestützten (2D-CAD-)Umweltmodell (z.B. Hallenlayout als Grundlage sämtlicher Systemfunktionen), werden anhand von Transportaufträgen Planungen durchgeführt und automatisch Steuerprogramme für jedes Fahrzeug generiert.

Simulation und Lernfahrt

Am Umweltmodell werden die Positionen aller Lastübergabestationen, Maschinen und virtuellen Fahrwege eingetragen. Beispielhaft können Fahraufträge an das Planungs- und Leitsystem gegeben werden, die dann simuliert werden. Dabei wird über die Hüllkurvensimulation die Aussenkontur des Fahrzeugs genau mitverfolgt, so dass bereits im Modell eine eventuelle Kollision mit der Umgebung festgestellt werden kann.

Als Umweltmodell bzw. Strecken-Layout genügt, wie schon erwähnt, ein bestimmter (bestehender oder geplanter) Hallenplan (Grundriss), in dem das vorgesehene Streckennetz mit allen Stationen als Handskizze eingetragen ist.

Das Wegenetz wird dann im Rahmen einer Lernfahrt aufgenommen. Diese Lernfahrt erfolgt in der Weise, dass ein Mitarbeiter des Anwenders ein reales FTS-Fahrzeug den geplanten Transportstrecken entlang führt: An vorgesehenen Stoppunkten und Übergabestationen wird das Fahrzeug angehalten und ein Stationsname eingegeben. Mit anderen Worten heisst dies, dass die Positionsbestimmung des leitlinienlos geführten autonomen Fahrzeugs durch eine Aufintegration des zurückgelegten Weges über die Weg- und Lenkwinkel-aufnehmer erfolgt. In regelmässigen Abständen wird an Orten, die im Hal-

lenlayout eingetragen sind, eine Stützpunktmessung durch Ultraschallsensoren zur Driftkompensation vorgenommen. Für die Feinpositionierung wird ein optoelektronischer Sensor eingesetzt.

Nach Beendigung des Einlernens des FTS-Fahrzeugs und des Tests am nun definitiv fertiggestellten grafischen Umweltmodell in Bordrechner jedes Fahrzeugs kann die ganze FTS-Anlage sofort in Betrieb genommen werden, da eine automatische Steuerprogramm-Generierung des Leit- bzw. Führungssystems aus dem grafischen Modell heraus eine direkte Umsetzung in Fahrbe- fehle erlaubt.

Das Streckennetz dieser so vorprogrammierten Fahrzeuge besteht nur aus virtuellen Linien, existiert also nur im Datenspeicher des Bordcomputers jedes Fahrzeugs. Der Datenbestand des Fahrzeugs. Der Datenbestand ist auf andere Fahrzeuge der ganzen FIT-Anlage übertragbar. Eine Veränderung des Wegenetzes lässt sich – abhängig von Streckenlänge und Anzahl der Stationen – in Viertelstunden ausdrücken.

Über eine manuelle Nacharbeitung des vom Bordcomputer «gelernten» Modells, d.h. des Streckenlayouts (Hallenplans) in einem integrierten 2D-CAD-System, können die Daten verändert und in ihre endgültige Form gebracht werden.

Moderne Lagertechnik

Der flexible Materialfluss einer Unternehmung muss ganzheitlich betrachtet und gestaltet werden, was bei ungebrochenen Transportketten – dem Hauptthema der CeMat – bedeutet, dass auch deren Schnittstellen zum automatisierten oder vollautomatischen Lager einwandfrei bewältigt werden müssen.

Lager von verschiedener Standort- und Aufgabenbestimmung (inner- und ausserbetriebliche Lager, Kleinteilelager, Palettenhochregallager, Langgutlager usw.) und damit von entsprechender Konstruktion und Funktionsweise (Umlauflager, Durchlauflager, Kompaktlager usw.) bekommen bei der Neuplanung oder Neuorganisation des inner- und/oder ausserbetrieblichen Materialflusses eine zentrale Bedeutung der Unternehmen: Herstell-Handels-, Speditions- oder Frachtführerunternehmen. Die herkömmliche Speicher- und Pufferfunktion des Lagers wird durch weitere Servicefunktionen erweitert und ergänzt. Nicht nur das Ein- und Auslagern der Lagergüter mit

dem Bereitstellen der Artikel in den Arbeitsbereich des Lagers (Lagervorzone, Kommissionierzone), sondern immer mehr auch Aufgaben wie Zuschneiden, Abmessen, Qualitätskontrolle und/oder Verpacken versandfertiger Produkte werden vom Lager, genauer von seinen Einrichtungen und Maschinen (Regalfahrzeugen, Lagerbediengeräten, Satelliten) übernommen. Zudem werden moderne innerbetriebliche Lager in vor- und nachgelagerte Fördersysteme technisch, informationell und organisatorisch eingebunden.

Trends

Trendmässig wird die Hauptaufgabe von innerbetrieblichen Produktionslagern die exakte Versorgung von flexibel strukturierten Fertigungen mit angegliederten Montagen innerhalb eines JIT-Konzepts. Das Lager bilden dabei im Bereich der Logistik, Fertigung und Montage des betreffenden Unternehmens dezentralisierte (zum Teil auch mobile, z.B. mit Beständen beladene fahrerlose Transportsysteme FTS, Elektrohängebahnen EHB oder Power-and-Free-Förderer P & F) Puffer oder «Sequencer» für die gesamten Produktionsabläufe.

In vielen Fällen bietet heute die Lagertechnik überhaupt die einzige Möglichkeit, das allein entscheidende Gesamtergebnis der Unternehmenstätigkeit zu verbessern. Das Lager ist ein wesentlicher produktivitätssteigernder Faktor fortschrittlicher Unternehmen jeder Art und Grösse, denn die eigentlichen Fertigungs- und Montagetechniken sind bereits fast völlig durch Automaten, Manipulatoren und Roboter belegt und ausgeschöpft.

Ganzheitliche Logistik

Massgebend für solche produktionsintegrierte Lager sind ganzheitliche logistische Ansätze und Lösungen. In der Produktion geht der Trend zu einer logistischen Produktionssteuerung, mit der die Bestände an Material und Halbfertigteilen auf ein Minimum reduziert werden. Hier erleben automatische Lagersysteme für Lagereinheiten unter 250 kg Gewicht (Kleinteile, Baugruppen, Aggregate) mit Schnittstellen zu automatisierten und flexiblen Fertigungs- und Montagesystemen eine schnelle Ausweitung.

Integration der Materialbestände

Die Prozessautomatisierung sowie hierarchisch aufgebaute Rechnersteuerungen beschleunigen die Integration der Materialbestände und ihre Verwaltung

in der zentralen EDV des betreffenden Unternehmens.

Im Bereich der betrieblichen Warenverteilung, d.h. der Physischen Distribution, wo es auf einen schnellen Lagerumschlag und eine präzise Kommissionierung und Verpackung ankommt, werden vollautomatische Kleinteilelager (KTL) und Palettenhochregallager (HRL) ihren Platz behaupten. Sie werden aber aus Gründen der Umweltverträglichkeit nicht mehr so gross gebaut wie bisher. Zunehmend werden sie mit Palettier-/Depalettier-Manipulatoren und Robotern sowie stationären oder mobilen Kommissionierrobotern ausgestattet, so dass hochproduktiv werden mit über das eigene Lager hinaus wirkenden Effekten (volle Auslastung der Auslieferungsnutzfahrzeuge mit sortenunreinen Paletten, exakte, qualitätsrichtige und vollständige Lieferung der von den Kunden bestellten Artikel).

Bei der Kommissionierung sind die (in der Lagervorzone) stationären und mobilen (in den Lagergassen verfahrbare) Roboter im Kommen. Bei der Kleinteilekommissionierung (z.B. bei Pharmaherstellern und Handelsbetrieben) zeichnen sich Entwicklungen zu automatischen schnellen Wäge-, Zähl- und Datenerkennungs- und übermittelnden Systemen (mobile Datenerfassungsgeräte MDE) als Hilfsmittel für die Rechnersteuerung der Lager- und Kommissionierungsvorgänge (Ein-/Auslagern, Palettieren/Depalettieren, papierloses Kommissionieren).

Bei der Lagertechnik sind interessante Entwicklungen sowohl bei einzelnen Lagerkomponenten (z.B. multifunktionale, robotisierte Regalbediengeräte, Verteil-, Umsetz- oder Satellitenfahrzeuge, Lastaufnahmehilfsmittel, Behälter usw.) als auch bei ganzen kompakten Lagersystemen.

Neu entwickelt wurde beispielsweise das Automatisch-Verteil-Fahrzeug (AVF), welches mehrere Lager- und Förderfunktionen innerhalb eines verketteten innerbetrieblichen Materialflusses übernimmt. In der Produktion lassen sich mit diesem Teilsystem beispielsweise einzelne Palettenebenen in einem automatischen Hochregallager bedienen, aus dem Regal entnommene Paletten ohne Lastträgerwechsel zum Zielort transportieren und anschliessend noch Maschinen und Montagearbeitsplätze beschicken.

Adresse des Verfassers: J. Kapoun, lic. oec. HSG, Logistic Consulting, case postale 19, 1700 Fribourg.