INDUKTIVES BODENTRANSPORTSYSTEM

FTS ohne Batterien

Die berührungslose Energieübertragung stellt eine technische Alternative für den Einsatz in Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) dar. Welche Vorteile induktive Bodentransportsysteme den Nutzern bieten, soll in einem Vergleich mit anderen Konzepten gezeigt werden. Gleichzeitig werden Ideen für mögliche Anwendungen vorgestellt.

■ *Dr.-Ing. Günter Ullrich*

Zurück zu FTS-Projekten

Der Markt für Fahrerlose Transportsysteme (FTS) war schon immer, aber besonders seit Beginn der 90er Jahre, schwierig. Fehlende Flexibilität, hohe Kosten, kaum Kompatibilität und eine durchaus nennenswerte Störanfälligkeit führten dazu, dass sich die Automobilindustrie – Hauptkunde in den 70er und 80er Jahren – plötzlich vom FTS verabschiedete. Zeitlich fiel das mit dem Beginn der Rezession in Deutschland zusammen (lean production). Nachdem die Autobauer danach jahrelang dem FTS gegenüber mehr als zurückhaltend waren, ändern sich nun die Zeiten wieder zugunsten der fahrerlosen Fahrzeuge. Nicht nur spektakuläre Projekte wie die „Gläserne Manufaktur" von VW in Dresden (Bild ❶), sondern immer mehr „normale" FTS-Projekte (Materialversorgung von Linien, Montagelinien für Komponenten) bei fast allen deutschen Automobilherstellern machen mit zum Teil neuartigen FTS-Lösungen auf sich aufmerksam.

❶ **Montagelinie in der „Gläsernen Manufaktur" von VW in Dresden**

Üblicherweise sind sich die Automobilplaner sehr sicher, was die Bewertung der einsetzbaren Technologie angeht. Häufig wiederkehrende Planungsaufgaben sind der Grund hierfür. Leider nicht immer beim FTS: Da es lange keine FTS-Projekte gab, fehlt den jungen Planern die Erfahrung, und die älteren zehren von einer überholten Vergangenheit. Deshalb vergeben Planer oftmals die Möglichkeit, ein preiswertes und prozesssicheres System einzusetzen. Eine sehr interessante neue Entwicklung hat derzeit einen großen Erfolg in der FTS-Technologie – die berührungslose Energieübertragung.

Ist die FTS-Definition anwendbar?

Vor allem in der Automobilindustrie sind schlitzgeführte Bodentransportsysteme schon lange bekannt. Es handelt sich um einfache Fahrzeuge, die über eine Führungsnut im Boden geführt (gelenkt) und in dieser Nut durch Schleifleitungen mit Strom versorgt werden. Ein typisches Beispiel liefert die Montagelinie für Türen bei einem Automobilhersteller, wo die Fahrzeuge als mobile Montageplattformen dienen. Diese Anwendung zeichnet sich durch eine sehr einfache Linienführung aus. Hier ist keine Layoutflexibilität erforderlich; bewusst wird auf komplexe Steuerungen verzichtet und der Vorteil geschätzt, dass keine Traktionsbatterien notwendig sind. Problematisch bei diesen Systemen sind allerdings die Nut im Boden und der Stromabgriff über Schleifleitungen: Verschleiß, aber auch Schmutz, Öl und Kleinteile führen zu Störungen und damit zu einer Verringerung der Verfügbarkeit. Diese erstmalig im Jahr 1990 eingesetzten Anlagen wurden unabhängig vom FTS entwickelt. Auch nach der bestehenden VDI-Richtlinie 2510 (Stand: 1997) handelte es sich bei diesen Bodentransportsystemen nicht um ein FTS, denn *„Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind flurgebundene Fördermittel mit eigenem Fahrantrieb, die automatisch gesteuert und mit einer eigenen Energieversorgung ausgestattet sind."* Außerdem sind schienengeführte Fahrzeuge explizit ausgeschlossen.

❷ **Palettentransportfahrzeug mit berührungsloser Energieübertragung und induktiver Führung bei UFA in Herzogenbuchsee (Schweiz)**

❸ **Schlepper mit induktiver Energieübertragung und Spurführung bei Opel in Rüsselsheim**

❹ **Induktives Bodentransportsystem für den Motorrad-Transport bei BMW in Berlin**

Die Entwicklung der berührungslosen Energieübertragung und die gleichzeitige induktive Spurführung führten zu den induktiven Bodentransportsystemen (Bilder ❷ bis ❺). Diese Systeme brauchen keine Nut im Boden und keine Schleifleitungen mehr. Sie sind demzufolge nicht schienengeführt. Um sie aber unmissverständlich als FTS bezeichnen zu können, muss die VDI-Richtlinie entsprechend geändert werden. Der Vorschlag für die neue FTS-Definition

lautet: *„Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind flurgebundene Fördermittel mit eigenem Fahrantrieb, die automatisch gesteuert und berührungslos geführt werden."* Damit ist das induktive Bodentransportsystem ein vollwertiges FTS.

Der Vergleich des induktiven Bodentransportsystems mit dem batteriebetriebenen FTS muss sich auf die Betrachtung des Energiekonzeptes und der Spurführung konzentrieren, denn alle anderen Systemkomponenten unterscheiden sich nicht grundsätzlich.

⑤ Induktives Bodentransportsystem zum Transport von Montagevorrichtungen bei Karmann in Osnabrück (Fotos: AFT)

Vergleich der Energiekonzepte

Tafel ① verdeutlicht, wo die Unterschiede der Energiekonzepte liegen: Weil die Einspeisung kontinuierlich Energie bereitstellt, kann das induktive Bodentransportsystem auf einen fahrzeugseitigen Energiespeicher verzichten. Charakteristisch für die Energieaufnahme mit dem sog. Pickup ist, dass sie berührungslos, verschleiß- und wartungsfrei, geräuschlos und gesundheitlich unbedenklich ist. Auch hohe Einspeiseleistungen (z. B. für Hubtische) sind möglich. Ein interessanter Aspekt der kontinuierlichen Energiebereitstellung ist, dass die induktiven Anlagen einfach ein- und ausschaltbar sind, z. B. in Pausen und arbeitsfreien Schichten, an Wochenenden oder in den Werksferien. Betreiber von batteriebetriebenen FTS wissen, dass bei diesen Systemen sehr wohl die Ladezustände und Lademöglichkeiten der einzelnen Batterien berücksichtigt werden müssen, damit zum Arbeitsbeginn wieder alles rund läuft.

Traktionsbatterien haben generelle Nachteile: Sie sind teuer, haben nur eine begrenzte Lebensdauer, brauchen Pflege und Wartung, müssen kontrolliert betrieben werden (Tiefentladung), gasen und sind umweltgerecht zu entsorgen. Aus technischer Sicht ist der größte Nachteil der Traktionsbatterien allerdings, dass sie mehrfach einschränken. Zum einen schränken sie den Konstrukteur ein: Weil Batterien groß und schwer sind, muss das gesamte Fahrzeug danach ausgerichtet werden. Aber auch der Logistikplaner wird eingeschränkt, weil jedes batteriebetriebene FTS eine bestimmte Ladestrategie verlangt:

- Batteriewechsel z. B. nach jeder Schicht oder Fahrzeuge an das Ladegerät in der Freischicht?
- Ladestationen mit automatischer Kontaktierung an Wartepositionen, d. h. kurze Zwischenladungen?
- In den Ablauf integrierte Zwischenladungen u. gelegentliche Ausgleichsladungen?

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Günter Ullrich
- Unternehmensberatung -
Kronprinzenstraße 64
D-46562 Voerde
Tel: +49-2855-933109
Fax: +49-2855-933108
Mobil: +49-173-2071107
Email: info@guenter-ullrich.de
www.guenter-ullrich.de

Tafel ① Unterschiedliche Energiekonzepte beim FTS

	Verbrennungs-motorischer Antrieb	Batteriebetriebenes FTS	Induktives Bodentransportsystem
Stationäre Energiebereitstellung	Tankstelle (temporär)	Ladegerät (temporär)	elektrisches Feld im Boden (kontinuierlich)
Energiequelle	Kraftstoff	elektrischer Strom	elektrischer Strom
Energiespeicher (fahrzeugseitig)	Tank	Batterie	nicht erforderlich
Energiewandler	Verbrennungsmotor	Elektromotor	Elektromotor

Mit diesen Fragen geht die Auswahl des richtigen Batterietyps einher. Außerdem ist häufig ein zusätzliches Fahrzeug zur Kompensation der Ladezeiten erforderlich. Ist dann die Ladestrategie festgelegt, bleibt zu hoffen, dass sie auch bei geänderten Einsatzbedingungen funktioniert. Typische Änderungen, die eine Anpassung der Ladestrategie notwendig machen, sind:

- geänderte Abläufe, verändertes Layout
- Veränderung der Systemleistung, z. B. Verkürzung der Taktzeiten
- verändertes Schichtmodell.

Obwohl die Entwicklung in der Batterietechnik weitergeht – zurzeit wird über kleine und leistungsstarke Li-Ionen-Akkus oder Kondensatoren nachgedacht – ist ein eindeutiger Vorteil dort zu sehen, wo auf fahrzeugseitige Energiespeicher völlig verzichtet werden kann.

Vergleich der Spurführung

Um sich ein Bild von der Spurführung zu verschaffen, bietet Tafel ② eine vereinfachte Übersicht der marktgängigen Navigationstechniken. Das induktive Bodentransportsystem benutzt danach die Bodeninstallationen sowohl zur Energieübertragung als auch zur Führung. Es handelt sich dabei um zwei rd. 8 mm dicke Leitungen, die in einem Abstand von 10 cm knapp unter der Bodenoberfläche verlegt sind. Der Einsatz einer anderen Navigationstechnik ist technisch machbar, aber zunächst unsinnig.

Anwendungsmöglichkeiten

Die geeigneten Einsatzfälle des induktiven Bodentransportsystem lassen sich mit folgenden zwei Kernfragen herausfinden:

1. Wie wichtig ist für die Anwendung die Layoutflexibilität?
2. Wie „heilig" ist dem Kunden der Boden?

Wird eine dieser beiden Fragen eindeutig positiv beantwortet, kommt das induktive Bodentransportsystem nicht in Frage!

Tafel ② Navigationstechniken beim FTS

	Vorteile	Nachteile
Induktive Energieübertragung und Spurführung	• Drähte für induktive Energieübertragung werden für Navigation mitbenutzt • preiswert • einfache Fahrzeugsteuerung	• Layoutflexibilität gering • Bodeninstallationen erforderlich
Leitdraht (aktiv-induktiv)	• bewährte Technik • einfache Fahrzeugsteuerung	• nicht mehr Stand der Technik • Layoutflexibilität gering • Bodeninstallationen erforderlich • Layoutänderungen teuer • störanfällig durch Leitdrahtbruch
optische oder passiv-induktive Leitspur (Farbanstrich oder Metallband)	• preiswert • einfaches Layout ist schnell in Betrieb genommen • Layoutflexibilität durch manuelles Verändern der Spur • einfachste Systemsteuerung: Stopp, wenn Leitspur unterbrochen ist oder bei zusätzlichen Bodenmarkierungen	• meist keine Leitsteuerung • schwer erweiterbar • unflexibel • störanfällig durch Beschädigungen des Farbstriches oder Metallbandes
Magnetnavigation in Punktfolge: Leitspur wird durch Dauermagnete in Punktfolge nachgebildet	• einfache Bodeninstallationen gegenüber Leitdraht • begrenzt flexibel: seitliche Abweichung von der Fahrspur bis rd. ± 30 cm	• keine freie Navigation • Fahrkurs-Änderungen nur mit Änderungen der Bodeninstallationen möglich • Einschränkungen bezüglich Bodenfreiheit und Bodenzustand
Lasernavigation	• keine Bodeninstallationen • freie Navigation • einfache Layouts sind schnell geteacht • flexibel innerhalb der mit Reflektoren ausgestatteten Bereiche • durch geschicktes Positionieren der Reflektoren hohe Genauigkeiten möglich • kleine Layoutänderungen können vom Betreiber durchgeführt werden	• Reflektoren an den Wänden, Säulen, Maschinen • Laserkopf muss oberhalb der Last und der Mitarbeiter freie Rundumsicht haben • wegen des hohen Mastes für den Laserkopf ist ein absolut ebener Boden erforderlich • Reflektoren müssen ortsfest angebracht werden, stören und verschmutzen • Lichteinflüsse können System stören • Außeneinsatz nur sehr bedingt realisierbar
Raster (optisch oder magnetisch)	• freie Navigation • flexibel innerhalb des Rasterbereiches • äußerst zuverlässig • hohe und konstante Genauigkeit an jeder Stelle des Layouts • Layout vom Betreiber anpassbar	• Boden muss vorbereitet werden, z. B. Verlegung der Magnete • Einschränkungen bezüglich Bodenfreiheit und Bodenzustand
Freiflug bzw. Koppelnavigation ohne Peilung, aber ggf. mit Kreisel	• keine ortsfesten Installationen notwendig	• unsicher, weil Freiflug = Blindflug • Fahrgenauigkeit schlecht
Transponder in Punktfolge	• Außeneinsatz möglich ohne Einschränkungen bezüglich Bodenfreiheit • geeignet für große, schwere Fahrzeuge • absolute Sicherheit, weil absolut kodiert	• teurer als Magnete • wie Magnetnavigation in Punktfolge
Transponder im Raster	• wie Transponder in Punktfolge • freie Navigation	• im Vergleich zum Magnetraster teurer
Satellitennavigation (GPS)	• frei von ortsfesten Installationen • flexibel	• nur im Außenbereich einsetzbar • nach oben muss ein freier Öffnungswinkel von 15° vorhanden sein • hohe Fahr- und Positioniergenauigkeiten sind nur mit großem technischen Aufwand realisierbar

In der frühen Geschichte des FTS wurden die Bodenarbeiten sowie der Wegfall der Layoutflexibilität akzeptiert, weil die Leitdrahttechnik den Stand der Technik darstellte und es lange keine zuverlässigen Alternativen gab. Doch seit mindestens zehn Jahren sind solche alternativen Lösungen vorhanden:

- optische oder passiv-induktive Leitspur
- Magnetnavigation
- Lasernavigation.

Heute stehen diese Alternativen auch wirtschaftlich in einem aussichtsreichen Wettbewerb zum Leitdraht. Einschränkungen bezüglich der beiden Kernfragen hinzunehmen bzw. überhaupt zu diskutieren, ist folglich erst wieder im Zusammenhang mit der Frage „Werden wirklich Traktionsbatterien benötigt?" sinnvoll, weil plötzlich ein erheblicher zusätzlicher Kundennutzen entsteht. Demzufolge muss es wieder erlaubt sein – im Sinne einer „einfachen" Automatisierung auch zwingend erforderlich –, die beiden o. g. Kernfragen zu stellen, z. B. beim Einsatz

- in Montagelinien für Produkte, die einen mehrjährigen Lebenszyklus aufweisen (z. B. Automobilindustrie, Weiße Ware, Industrieprodukte)
- in Lagervorzonen
- in Krankenhäusern
- in Anlagen mit weiten Wegen und/oder einfachen monotonen Transportaufgaben
- zur Verkettung von massiven Produktionsmaschinen (z. B. Papierrollentransport).

Hybride Systeme

Bei einigen Anwendungen lassen sich die beiden Kernfragen – vor allem die nach der erforderlichen Layoutflexibilität – nicht eindeutig beantworten. Als Beispiel diene der Einsatz im Krankenhaus. Dort finden bis zu 90 % der Materialbewegungen in den Versorgungsgängen der Untergeschosse statt – lange Wege, schmale und niedrige Gänge, aber ohne Ärzte, Pflegepersonal, Patienten und Besucher. Die Aufgabe- und Abgabestationen sind hier weitgehend festgelegt, denn Wäscherei, Küche, Apotheke und die Container-Waschmaschinen ermöglichen klar definierte Übergabepositionen. Die induktive Stromübertragung wird akzeptiert, ebenso die Bodeninstallationen im Estrich. Diese Argumente für die induktive Technik werden jedoch in Frage gestellt, wenn die Krankenhaus-Stationen das Ziel der Transporte sind. Soll auf zusätzliche Umsetzvorgänge und Handlingsvorrichtungen verzichtet werden, muss z. B. das Fahrzeug mit dem Speise-Container nach der Fahrt durch die unterirdischen Gänge in den Aufzug hineinfahren, mit diesem auf die Station im Obergeschoss gelangen, dort den beladenen Container abstellen und einen leeren wieder mitnehmen. Auf den Stationen sind nur sehr kurze Wege zu fahren. Allerdings ist damit zu rechnen, dass sich die Wünsche des Stationspersonals bezüglich der Stellplätze im Laufe der Zeit verändern, wofür eine gewisse Layoutflexibilität von Vorteil ist. Die berührungslose Energieübertragung ist hier äußerst schwierig einsetzbar und wahrscheinlich auch nicht akzeptiert. Der Bodenbelag ist hochwertiger, und gegenüber der hohen Induktivität hat das Ärztepersonal eine kritische Einstellung. Auch die Ausrüstung der Aufzüge wäre aufwändig und die Übergänge von den Ebenen in den Aufzug technisch nicht unproblematisch. Für die Fahrten in den Aufzügen und auf den Stationen wäre ein batteriebetriebenes Fahrzeug mit einer flexiblen Navigation gegenüber dem induktiven System klar im Vorteil. Somit wäre die Antwort auf diese besonderen Anforderungen das induktive Bodentransportsystem mit einer Stützbatterie und zusätzlicher Spurführung, d. h. ein hybrides System. Als Spurführung bieten sich die optische bzw. passiv-induktive Leitspur oder die Magnetnavigation an. Die Umschaltung zwischen den Systemen erfolgt an definierten Ortsmarken (z. B. Transponder), die Stützbatterie wird automatisch in den Versorgungsgängen im Untergeschoss aufgeladen.

BEFÖRDERUNG!
MLR System GmbH
Materialfluß · Logistiksysteme
www.mlr.de

Weitere Gründe für eine hybride Ausführung des Bodentransportsystems können sein:

- Der Einsatz von kleinen und preiswerten Batterien ist möglich.
- Besonderer Leistungsbedarf kann an bestimmten Positionen induktiv gedeckt werden (z. B. spezielle Lastübergaben).
- Fahrzeuge können bei Notstopp der Bodenanlage manuell verfahren werden.
- Die Verfügbarkeit der Fahrzeuge steigt, weil die Batterieladung während der Fahrt erfolgt.
- Kurzfristige Stromspitzen, die z. B. beim Einschalten von Motoren und Pumpen entstehen, werden von der Pufferbatterie gedeckt.

Durch die berührungslose Energieübertragung ergeben sich völlig neue Anwendungsmöglichkeiten – nicht nur beim FTS, sondern u. a. auch bei Hebern, bei der Elektrohängebahn und bei Schubskidanlagen. Die Technologie ist vorhanden, aber der Betreiber muss sie fordern, denn der Innovationsimpuls geht immer vom Anwender aus.

E-Mail: Guenter.Ullrich@epost.de,
Tel.: 02855/933107

Dr.-Ing. Günter Ullrich
ist Unternehmensberater in Voerde

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Günter Ullrich
- Unternehmensberatung -
Kronprinzenstraße 64
D-46562 Voerde
Tel: +49-2855-933109
Fax: +49-2855-933108
Mobil: +49-173-2071107
Email: info@guenter-ullrich.de
www.guenter-ullrich.de