Dr. Günter Ullrich

Geschäftsführer

AFT - Automatisierungs- und Fördertechnik GmbH & Co. KG, Schopfheim

BTS iF - Das FTS ohne Batterien

Abstract

Schlitzgeführte Bodentransportsysteme kennt man schon lange. Die Nut im Boden diente einerseits zur taktilen Spurführung und andererseits zur Stromversorgung über eine Kupferschiene. Als FTS wurden solche Systeme aber nie angesehen.

Der nächste Entwicklungsschritt war die berührungslose Energieübertragung, mit der die störanfällige Kupferschiene entfallen konnte. Die Nut im Boden wurde aber weiter zur Führung gebraucht. In logischer Konsequenz benutzt man bei den heutigen BTS iF die beiden Stromleiter im Boden nicht nur zur berührungslosen Energieübertragung, sondern auch zur induktiven Spurführung.

Damit verfügt das BTS iF über viele Vorteile des klassischen FTS und verzichtet gleichzeitig auf Batterien. Das Fahrzeug berührt den glatten Boden nur noch mit den Rädern. Es ergeben sich vielfältige Anwendungsbereiche überall da, wo die Layoutflexibilität der frei navigierbaren FTS nicht erstes Kriterium ist.

1 Einleitung

Der Markt für Fahrerlose Transportsysteme ist eigentlich schon immer, aber insbesondere seit Beginn der 90er Jahre schwierig. Fehlende Flexibilität, hohe Kosten, kaum Kompatibilität und eine durchaus nennenswerte Störanfälligkeit führten dazu, dass sich die Automobilindustrie also Hauptkunde in den 70er und 80er Jahren plötzlich vom FTS verabschiedete. Dies geschah zeitgleich mit Beginn der Rezession in Deutschland im Zuge von Lean Production – der Tagungsband der ersten FTS-Fachtagung im September 1991 belegt eindrucksvoll die damalige Situation.

Bild 1: Hochzeit in der Gläsernen Manufaktur bei Volkswagen.

Nachdem die Autobauer jahrelang dem FTS gegenüber mehr als zurückhaltend waren, ändern sich die Zeiten wieder zugunsten der fahrerlosen Fahrzeuge. Nicht nur extreme Renommierprojekte wie die Gläserne Manufaktur in Dresden, sondern immer mehr „normale“ FTS-Projekte (Materialversorgung von Linien, Montagelinien für

Komponenten) bei fast allen deutschen Automobilherstellern machen mit z.T. neuartigen FTS-Lösungen von sich Reden.

Nun sind sich die Automobil-Planer üblicherweise 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 der Erfahrung einer überholten Vergangenheit. Deshalb vergeben Planer oftmals die Möglichkeit, ein preiswertes und prozesssicheres System einzusetzen. /1/

Eine äußerst interessante neue Entwicklung hält derzeit mit großem Erfolg Einzug in die FTS-Welt: Die berührungslose Energieübertragung.

In diesem Beitrag geht es um die berührungslose Energieübertragung beim Einsatz in Bodentransportsystemen. Wir wollen hier nicht in die technischen Einzelheiten dieser Technologie eintauchen, sondern die Systeme definierend vorstellen, die Konzepte vergleichen und Ideen für mögliche Anwendungen liefern.

2 Definition FTS und BTS

Insbesondere in der Automobilindustrie kennt man die Bodentransportsysteme BTS (Bild 2) schon lange.

Bild 2: BTS für die Türenmontage (bei BMW in Dingolfing).

Hierbei handelt es sich um einfache Fahrzeuge, die über eine Führungsnut im Boden geführt (gelenkt) und in dieser Nut durch Schleifleitungen mit Strom versorgt werden. In Bild 2 ist eine typische Anwendung dargestellt: in einer Montagelinie für Türen dienen die BTS-Fahrzeuge als mobile Montageplattformen. Diese Anwendung besticht durch eine sehr einfache Linienführung. Man braucht hier keine Layoutflexibilität, verzichtet bewusst auf komplexe Steuerungen und genießt den Vorteil, auf Traktionsbatterien verzichten zu können.

Problematisch ist bei diesen Systemen 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 BTS-Anlagen gibt es seit ca. 1990 und wurden unabhängig vom FTS entwikkelt. Nach der bestehenden VDI-Richtlinie 2510 (Stand: 1997) handelte es sich beim BTS auch 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.

Bild 3: Palettentransportfahrzeug in BTS if-Technik (bei UFA in Herzogenbuchsee, Schweiz).

Die Entwicklung der berührungslosen Energieübertragung und die gleichzeitige induktive Spurführung führte zum BTS if (Bilder 3 bis 7). Diese Systeme brauchen keine Nut im Boden und keine Schleifleitungen mehr. Sie sind also nicht schienengeführt. Um sie aber unmissverständlich als FTS bezeichnen zu können, muss die VDI-Richtlinie entsprechend geändert werden. Der neue Vorschlag der FTS-Definition lautet:

„Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind flurgebundene Fördermittel mit eigenem Fahrantrieb, die automatisch gesteuert und berührungslos geführt werden.“

Damit ist auch das BTS if ein vollwertiges FTS.

Bild 4: Schlepper in BTS if – Technik (bei Opel in Rüsselsheim).

3 Konzeptvergleich

Will man das BTS if mit dem batteriebetriebenen FTS vergleichen, so konzentriert sich die Aufgabe auf die Betrachtung des Energiekonzeptes und der Spurführung. Alle anderen Systemkomponenten unterscheiden sich nicht grundsätzlich.

	Verbrennungsmotorischer Antrieb	Batteriebetriebenes FTS	BTS if
Stationäre Energiebereitstellung	Tankstelle (temporär)	Ladegerät (temporär)	Elektr. Feld im Boden (kontinuierlich)
Energiequelle	Kraftstoff	Elektr. Strom	Elektr. Strom
Energiespeicher (fahrzeugseitig)	Tank	Batterie	Nicht erforderlich
Energiewandler	Verbrennungsmotor	Elektromotor	Elektromotor

Tabelle 1: Unterschiedliche Energiekonzepte beim FTS.

Tabelle 1 macht deutlich, wo die Unterschiede liegen: Weil die Einspeisung kontinuierlich Energie bereitstellt, kann das BTS if auf einen fahrzeugseitigen Energiespeicher verzichten. Charakteristisch für die Energieaufnahme mit dem sogenannten Pickup ist, dass sie berührungslos, verschleiß- u. wartungsfrei, geräuschlos und gesundheitlich unbedenklich ist. Auch hohe Einspeiseleistungen (z.B. für Hubtische) sind möglich. /2/

Ein interessanter Aspekt der kontinuierlichen Energiebereitstellung ist, dass BTS if-Anlagen einfach ein- und ausschaltbar sind, z.B. in Pausen, arbeitsfreien Schichten, Wochenenden oder Werksferien. Betreiber von batteriebetriebenen FTS wissen, dass man hier sehr wohl die Ladestände und Lademöglichkeiten der einzelnen Batterien berücksichtigen muss, damit zum Arbeitsbeginn wieder alles rund läuft.

Bild 5: BTS if für den Motorrad-Transport – (bei BMW in Berlin).

Traktionsbatterien haben generelle Nachteile:

- Batterien sind teuer,
- haben nur eine begrenzte Lebensdauer,
- brauchen Pflege und Wartung,
- müssen kontrolliert betrieben werden (Tiefentladung),
- gasen und
- müssen umweltgerecht entsorgt werden.

Aus technischer Sicht ist der größte Nachteil der Traktionsbatterien allerdings, dass sie einschränken. Zum einen schränken sie den Konstrukteur ein: Weil Batterien groß und schwer sind, wird das ganze Fahrzeug groß und schwer. Aber auch der Planer, der Logistiker wird eingeschränkt, weil jedes batteriebetriebene FTS eine Ladestrategie verlangt:

- Batteriewechsel z.B. nach jeder Schicht? Oder Fahrzeuge ans Ladegerät in der Freischicht?
- Ladestationen mit automatischer Kontaktierung an Wartepositionen, also kurze Zwischenladungen?
- In den Ablauf integrierte Zwischenladungen und gelegentliche Ausgleichsladungen?

Mit diesen Fragen geht die Wahl des richtigen Batterietyps einher. Außerdem ist häufig ein zusätzliches Fahrzeug zur Kompensation der Ladezeiten erforderlich. Steht dann die Ladestrategie bleibt zu hoffen, dass es 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

Natürlich geht die Entwicklung in der Batterietechnik weiter: Neben den bekannten Bleisäure- und NiCd-Akkumulatoren denkt man über kleine und leistungsstarke Li-Ionen-Akkus oder sogar Kondensatoren nach. Dennoch verbleiben eindeutig Pluspunkte dort, wo ganz auf fahrzeugseitige Energiespeicher verzichtet werden kann.

Bild 6: BTS if für den Papierrollen-Transport – (Chosun Daily, Seoul, Korea).

Zur Betrachtung der Spurführung soll die Tabelle 2 zunächst eine vereinfachte Übersicht der marktgängigen Navigationstechniken geben.

	Vorteile	Nachteile
BTS if	• 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 wg. 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: stoppe, wenn Leitspur unterbrochen oder wenn zusätzliche Bodenmarkierungen	• meist keine Leitsteuerung • schwer erweiterbar • unflexibel • störanfällig wg. 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 ca. ± 30 cm	• keine freie Navigation • Fahrkurs-Änderungen nur mit Änderungen der Bodeninstallationen möglich • Einschränkungen bzgl. 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	• dafür Reflektoren an den Wänden, Säulen, Maschinen ... • Laserkopf muss oberhalb der Last und den Mitarbeitern 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 machbar

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 bzgl. 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 bzgl. 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 Grad vorhanden sein • hohe Fahr- und Positioniergenauigkeiten sind nur mit großem technischen Aufwand realisierbar

Tabelle 2: Navigation beim FTS

Das BTS if benutzt also die Bodeninstallationen sowohl für die Energieübertragung als auch zur Führung. Es handelt sich dabei um zwei ca. 8 mm starke Leitungen, die in einem Abstand von 10 cm knapp unter der Bodenoberfläche verlegt sind. Der Einsatz einer anderen Navigationstechnik beim BTS if ist technisch machbar, aber zunächst unsinnig.

4 Anwendungen

So wird schnell klar, dass sich die geeigneten Einsatzfälle mit Hilfe der folgenden zwei Kernfragen definieren:

1. ***Wie wichtig ist für die Anwendung die Layoutflexibilität?***

2. ***Wie heilig ist dem Kunden der Boden?***

Wird eine dieser beiden Fragen mit „sehr“ beantwortet, kommt das BTS if nicht in Frage!

In der frühen Geschichte des FTS hat man die Bodenarbeiten sowie den Wegfall der Layoutflexibilität akzeptiert, weil die Leitdrahttechnik den Stand der Technik darstellte und es lange keine zuverlässigen Alternativen existierten.

Doch später, also ab ca. 1990, gab es solche Alternativen, wie

- Optische oder passive 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, macht also erst wieder in Zusammenhang mit der Fragestellung Sinn: „Benötige ich wirklich Traktionsbatterien?“ – Weil plötzlich ein erheblicher zusätzlicher Kundennutzen entsteht.

Bild 7: BTS if zum Transport von Vorrichtungen (bei Karmann in Osnabrück).

Es muss also wieder erlaubt sein – ja es ist im Sinne einer „einfachen“ Automatisierung zwingend erforderlich – die beiden vorn genannten 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)

5 Ausblick

Nun gibt es Anwendungen, bei denen man die beiden Kernfragen – insbesondere die nach der erforderlichen Layoutflexibilität - nicht eindeutig beantworten kann. Als Beispiel diene der Einsatz im Krankenhaus. /3/ Bis zu 90 % der Materialbewegungen passieren in den Versorgungsgängen der Untergeschosse: Lange Wege, schmale und niedrige Gänge, aber ohne Ärzte, Pflegepersonal, Patienten und Besuchern. Die Auf- und Abgabestationen sind hier weitgehend fix: Die Wäscherei, Küche, Apotheke und die Container-Waschmaschinen ermöglichen klar definierte Übergabepositionen.

Die induktive Stromübertragung ist hier akzeptiert, ebenso die Bodeninstallationen im Estrich. Bis jetzt spricht alles für das BTS if.

Doch das Ziel der Transporte ist auf den Stationen zu finden. Will man auf zusätzliche Umsetzvorgänge und Handlingsvorrichtungen verzichten, muss z.B. das Fahrzeug mit den beladenen Essens-Containern nach der Fahrt durch die unterirdischen Gänge in den Aufzug, mit diesem auf die Station (Obergeschoss), dort den Container geeignet abstellen und einen leeren wieder mit hinunter nehmen.

Auf den Stationen sind nur sehr kurze Wege zu fahren. Allerdings ist damit zu rechnen, dass sich die Vorstellungen und Wünsche des Personals auf den Stationen hinsichtlich der Stellplätze mit der Zeit verändern, was eine gewisse Layoutflexibilität von Vorteil erscheinen lässt. Die berührungslose Energieübertragung ist hier extrem schwierig einzusetzen und wahrscheinlich auch nicht akzeptiert. Der Bodenbelag ist hochwertiger, und das Ärztepersonal der hohen Induktivität gegenüber kritisch eingestellt. Auch die Ausrüstung der Aufzüge wäre aufwendig 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 BTS if klar im Vorteil.

Die Antwort auf diese Anforderungen ist das BTS ib, also ein BTS if mit einer Stützbatterie und zusätzlicher Spurführung – ein doppelt hybrides System also. Als Spurführung bietet sich die optische bzw. passiv induktive Leitspur oder aber die Magnetnavigation an. Die Umschaltung zwischen den Systemen erfolgt an definierten Orts-

marken (z.B. Transponder), die Aufladung der Stützbatterie automatisch in den Versorgungsgängen im Untergeschoss.

Durch die berührungslose Energieübertragung ergeben sich völlig neue Möglichkeiten – nicht nur beim FTS, sondern auch bei Hebern, der EHB, der Schubskid-Anlagen usw. Die Technologie ist vorhanden, aber der Betreiber muss sie fordern, denn der Innovationsimpuls geht immer vom Betreiber aus! /4/

Verwendetes Schrifttum

/1/ Schmahls, T.: Mehr Elektro-Hängebahnen. In: Automobil-Produktion, Feb. 2002, S. 72-74

/2/ Banholzer, N. und Ullrich, G.: Berührungslose Power treibt Bodentransportsystem. In: Logistik für Unternehmen 1/2 (2002) - Februar 2002, S. 56-57, VDI-Verlag Düsseldorf

/3/ Ullrich, G.: Fahrerlose Transportsysteme (FTS) – Konzepte und Einsatzmöglichkeiten im Krankenhaus. In: Tagungsband 8. AWT-Seminar, Kiel 2002

/4/ Schulze, L.: Mit Automatisierungskonzepten in die Abhängigkeitsfalle. In: Logistikwelt 2002, 9 (2002), Nr. 1, S. 3