FTS oder klassische Fördertechnik?

Fahrerlose Transportsysteme im Leistungsvergleich mit stationärer Fördertechnik

Das Megathema Industrie 4.0 hat Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) zu Auftrieb verholfen. Doch was leisten die autonomen Fahrzeuge in Produktion und Automation? Können sie klassische Fördertechnik ersetzen? Und wie finden Ingenieure das optimale Fördersystem? Das erfahren Sie in diesem Whitepaper.

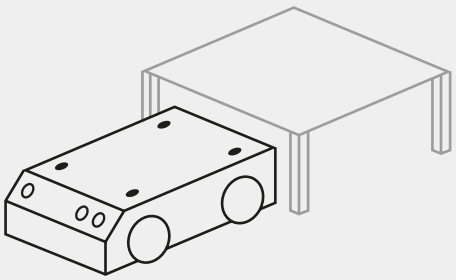
Einige Imagefilme von Automobilzulieferern sehen mittlerweile aus wie ein Science-Fiction-Film: Autonome Fahrzeuge düsen durch Werkhallen, mit Produkten im Schlepptau oder auf dem Rücken. Sie treffen eigenständig Entscheidungen, arbeiten auf Wunsch im Schwarm – ähnlich wie ein Ameisenvolk. Von Menschen keine Spur.

Die Bilder dieser Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) passen perfekt in das Medienbild von Industrie 4.0, der vierten industriellen Revolution, in der sich Maschinen und Produkte vernetzen, in der Fabriken Automation und Flexibilität verheiraten, Smart Factories eigenständig die Produktion steuern und dadurch selbst kleinste Losgrößen wirtschaftlich fertigen. FTS verheißen zudem ein Heilmittel gegen Personalmangel zu sein.

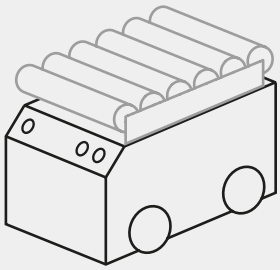
Industrie 4.0 führt zu Boom der FTS-Hersteller

Jennifer Forster, Studentin an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg hat in ihrer Bachelor Thesis einen Benchmark zu FTS mit entsprechenden Lastaufnahmemitteln erstellt. Sie hat herausgefunden: Beflügelt vom Industrie-4.0-Trend sind in den letzten Jahren neue FTS-Hersteller auf den Markt gekommen. Die Fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF) lassen sich in mehrere Kategorien einteilen: Unterfahrzeuge, Huckepackfahrzeuge, Universalfahrzeuge, Montagefahrzeuge, Gabelhubfahrzeuge und Sonderfahrzeuge.

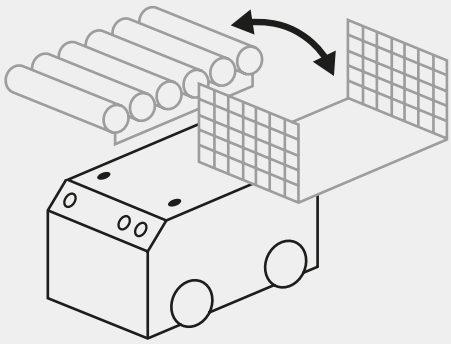
Unterfahrzeuge



Huckepackfahrzeuge

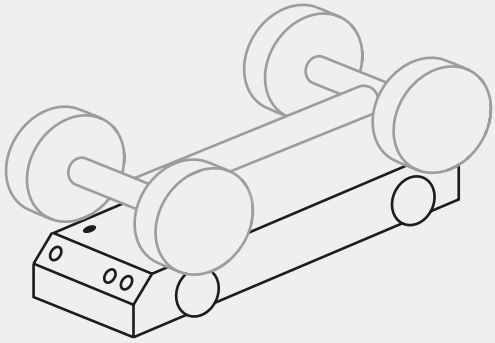


Universalfahrzeuge

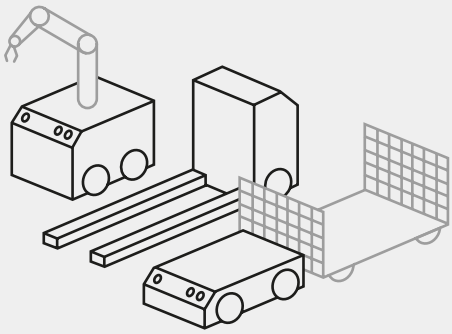


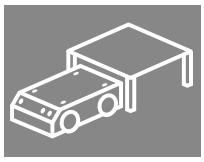
Unterfahrzeug mit mobilem Profilgestell und durch Reibräder angetriebene Kettenförderer

Montagefahrzeuge



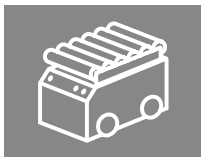
Gabelhubfahrzeuge und Sonderfahrzeuge





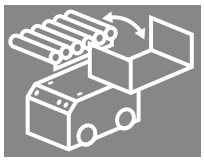
Unterfahrzeuge (Unterfahrfahrzeuge)

Zu den Unterfahrzeugen zählen: der MiR 500 (mit Hub) von MiR, der L600 von Grenzebach, der Carry Pick von Swisslog, der K05 Twister von Kivnon und die Fast-Move Serie von EK Automotion. Die meisten Modelle sind flach gebaut. Dadurch können die Fahrzeuge unter aufgebockte Container, Regale, und Paletten fahren. Sie heben sie mit einer Hubvorrichtung vom Boden ab, um sie anschließend zu transportieren. In der Regel handelt es sich um Gewichte von bis zu 500 kg.



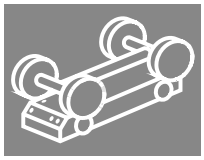
Huckepackfahrzeuge

Zu den Huckepackfahrzeugen zählen der proAnt von InSystems und Sally von DS Automation. Die Fahrzeuge arbeiten mit verschiedenen Lastenaufnahmemitteln (LAM) – mit Rollenbahnen, Zahnriemenförderern, Gurtförderern und Kettenförderern. Sie nehmen die Lastmittel – etwa Gitterboxen, Paletten oder Kleinladungsträger bis 1.000 kg – auf Ebene der Fördertechnik auf. Die Übergabestationen müssen dafür alle eine einheitliche Höhe haben oder mit Hubeinheiten ausgestattet sein, um Höhenunterschiede auszugleichen.



Universalfahrzeuge

Zu den Universalfahrzeugen fallen die Modelle LD60 und LD90 von Omron (ehemals adept) sowie MiR 100, 200 und 500 (ohne Hub) von MiR. Und wie der Name verrät: Die Fahrzeuge sind flexibel und lassen sich modifizieren. Sie verfügen über mechanische und elektrische Anbindungen, um verschiedene Aufbauten, wie z.B. individuelle Aufbauten, einfache Gestelle, Förderbänder oder Rollenbahnen zu montieren. Weiterhin können sie unter anderem auch als Unterfahrzeuge eingesetzt werden. Das Universalfahrzeug ist bei neuen FTS-Herstellern derzeit der bevorzugte FTF-Typ. Viele Anwender und Integratoren kaufen das FTF, um es um ein LAM zu ergänzen und als Gesamtlösung zu verkaufen.



Montagefahrzeuge

In der Endmontage erfreuen sich Montagefahrzeuge wie das Variocart von dpm steigender Beliebtheit – sowohl in der manuellen, als auch in der automatisierten Montage mit Robotern. Die FTF transportieren bis zu 5.000 kg schwere Produkte. In einigen Automobilfabriken findet man beispielsweise Montagefahrzeuge, die ganze Autos zwischen Montagestationen hin- und herfahren.

In Roboterzellen sind allerdings oftmals Anpassungen nötig, um die FTF nutzen zu können. Denn dort liegt die geforderte Genauigkeit bei +- 0,1 mm. Die meisten FTF arbeiten außerhalb dieses Grenzbereichs. Daher nehmen viele Anwender eine kamerabasierte Kalibrierung des Roboters vor. Er kann dadurch seinen Bewegungsablauf an die Position des Produkts anpassen.

Gabelhubfahrzeuge, Zugfahrzeuge, fahrbare Roboter, Sonderfahrzeuge

Zur Welt der FTS zählen zudem Gabelhubfahrzeuge wie der Phoenix von MLR , die klassische Gabelstapler ersetzen, Zugfahrzeuge (Schlepper) wie der Tugger von Grenzebach, der beispielsweise Rollregale von A nach B zieht, und fahrbare Roboter wie den Maxo-MS-HA001 von SEW, der Menschen bei Routinearbeiten entlastet. Hinzu kommen Hersteller, die Sonderfahrzeuge entwickeln.

Huckepackfahrzeug mit kundenspezifischem Ladungsträger zum Transport von Kleinladungsträgern

Gabelhubfahrzeuge und Unterfahrzeuge dominieren den Markt

Welche FTS kommen am häufigsten zum Einsatz? Jennifer Forster ist dieser Frage nachgegangen. Das Ergebnis ist in einer Benchmark-Matrix visualisiert. Die Matrix zeigt: Im betrachteten Anwendungsbereich, haben derzeit Gabelhubfahrzeuge für bis zu 1.000 kg Nutzlast den höchsten Marktanteil. Im höchstfrequentierten Bereich liegen außerdem die Unterfahrzeuge (500-1.000 kg).

Bei der Navigationsart ist ein Trend zur Konturennavigation erkennbar. Die Fahrzeuge erreichen dabei Genauigkeiten zwischen 10 und 50 mm. Die Positioniergenauigkeit an Stationen liegt zwischen 4 und 10 mm. Um bessere Werte zu erzielen, nutzen Unternehmen eine Hybridnavigation mit Magnetband oder eine Kameraunterstützung. An den Stationen steigt die Genauigkeit dadurch auf +-1 mm.

Und welche LAM sind beliebt? Stark vertreten sind derzeit LAM ohne Antrieb – etwa einfache Aufnahmen und Regale. Bei den angetriebenen LAM kommen häufig Gurt- oder Modulbandförderer und Rollenbahnen zum Einsatz. Seltener anzutreffen sind hingegen Ketten- und Zahnriemenförderer.

Marktanteil von FTS: Am beliebtesten sind derzeit Gabelhubfahrzeuge und Unterfahrzeuge

Nach Nutzlast

		Typische Nutzlasten [kg]						
		XXS <5	XS 5-50	S 50-250	M 250-750	L 750-1500	XL 1500-3000	XXL >3000
		Maße Breite x Länge [mm]						
FTF-Kategorien		200x300	300x400	400x600	600x800	800x1200	1500x2000	2000x4000
Zugfahrzeuge								
Gabelhubfahrzeuge								
Unterfahrzeuge mit und ohne Hub								
Huckepackfahrzeuge	Gurt-, Modulbandförderer							
	Ketten-, Zahnriemenförderer							
	Rollenbahnen							
Hubtische								
Roboter								
Universelle Aufnahmen								

wenig **viel**

Unterfahrzeug mit Lastenaufnahme-Gestell aus Aluminiumprofil mit kundenspezifischen Produktträgern

Nach Branche

FTF-Kategorien		Automation	Intralogisitik	Montage
Zugfahrzeuge				
Gabelhubfahrzeuge				
Unterfahrzeuge mit und ohne Hub				
Huckepack-fahrzeuge	Gurt-, Modul-bandförderer			
	Ketten-, Zahn-riemenförderer			
	Rollenbahnen			
Hubtische				
Roboter				
Universelle Aufnahmen				

wenig **viel**

Kinematik und Navigation von FTS

So vielfältig wie die FTS-Typen ist auch die Kinematik. Es existieren Differentialantriebe mit und ohne Drehachse, gekoppelte Lenkantriebe, unabhängige Lenkeinheiten und Mecanum-Antriebe. Aus den vielen unterschiedlichen Antriebsarten haben sich derzeit zwei als besonders praktikabel herausgestellt: Der Differential- und der Mecanum-Antrieb sind beide besonders flexibel und benötigen minimale Lenk- und Wenderäume.

Eine ebenso große Vielfalt gibt es bei der Navigation. Einige FTS nutzen Leitlinien am oder im Fußboden – etwa eine aktiv-induktive Leitspur, eine Magnetband- oder eine optische Leitspur in Form eines Farbstrichs. Andere FTS orientieren sich mit Hilfe der Konturennavigation mit Laserscannern und GPS. Am weitesten verbreitet sind derzeit die Konturennavigation und die optisch codierte Navigation. Diese sind flexibel und relativ günstig und einfach einzusetzen. Anwender müssen sich allerdings nicht auf eine einzige Navigationsart beschränken. Oftmals ist eine sogenannte Hybridnavigation sinnvoll, eine Kombination mehrerer Verfahren.

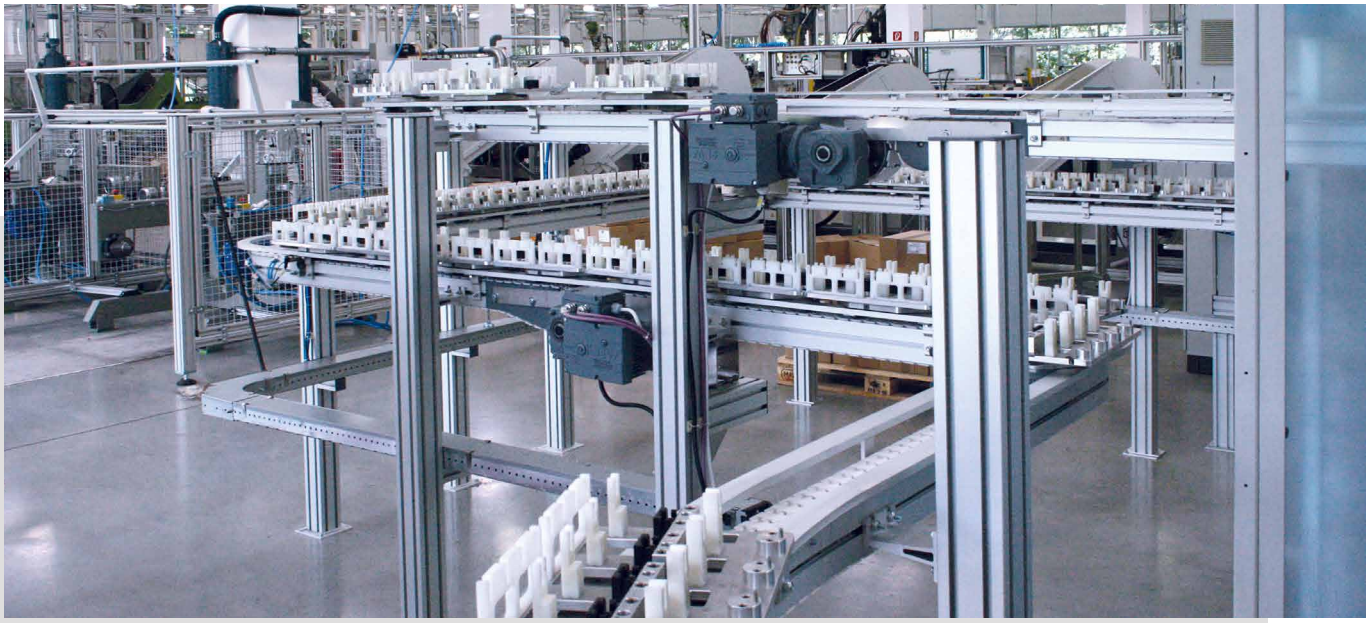
Industrie 4.0 hält auch in klassischer Fördertechnik Einzug

Lange vor dem Boom der FTS hat sich in der Produktion und Automation die klassische Fördertechnik entwickelt. Zu ihr zählen Gurt-, Modulband-, Zahnriemen-, Ketten- und Scharnierbandförderer sowie Rollenbahnen. Der Phantasie von Ingenieuren sind dank der Modularität in puncto Produkttransport kaum Grenzen gesetzt. Besonders Scharnierbandförderer (SBF) haben sich bewährt, um komplexe dreidimensionale Streckenverläufe zu realisieren.

Prädestiniert sind SBF für den Transport kleiner Produkte mit geringen Massen (ca. 150 kg Gesamtlast). Für Ladungsträger oder Paletten mit hohen Massen entscheiden sich Ingenieure in der Regel für Rollenbahnen oder Kettenförderer (KTF). KTF sind häufig als Doppelstrang mit Werkstückträgern ausgestattet und als Werkstückträgerumlaufsystem (WTU) konfiguriert, um Positionieraufgaben prozesssicher mit kurzen Taktzeiten und hohen Genauigkeiten zu erfüllen. Sie können Produkte bis 1.000 kg Gesamtlast bewegen.

Weitere FTS-Alternativen für den Stückguttransport sind Hängebahnen und schienengebundene Deckentransportsysteme, die häufig in der Endmontage in der Automobilindustrie zu finden sind.

Die Industrie-4.0-Ära hat auch in der klassischen Fördertechnik Einzug gehalten. Es ist zum Beispiel mittlerweile möglich, Förderbänder mit Sensoren auszustatten, die Messwerte in die Cloud schicken. Das ermöglicht neben einem Effizienzmonitoring auch eine proaktive Wartung.



Komplexer Scharnierbandförderer in mehreren Ebenen für den Transport von Werkstückträgern

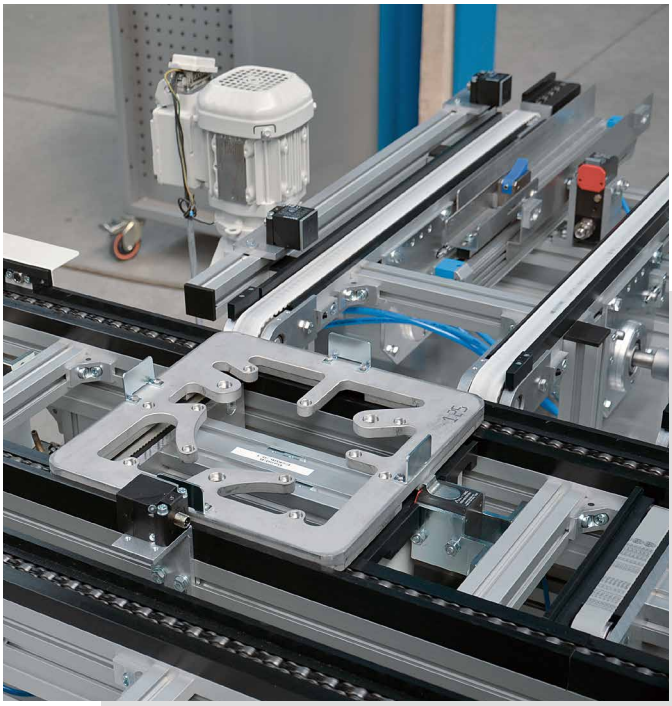
Anwendungsbeispiele:
Wie sich Ingenieure zwischen Fördertechnik und FTS entscheiden

In Zeiten des Industrie-4.0-Booms fragen sich Ingenieure im Alltag immer häufiger, ob sie Fördertechnik durch FTS ersetzen sollten. Folgende drei Anwendungsfälle zeigen, wie sich Kollegen entschieden haben.

Beispiel Nr. 1: Verkettung von Bearbeitungszellen

In diesem Fall sollten Ingenieure zwei Bearbeitungszellen mit einer Waschstraße verketten. Als Platz standen rund 32 m² zur Verfügung. Der Durchsatz lag bei 30 Stück/Std., die Produktlast bei 15 kg. Die naheliegende Idee war ein Doppelstrangförderer mit Werkstückträgern. Als FTS-Alternative boten sich Huckepackfahrzeuge mit Rollenbahnen an. Die FTF würden dabei mit einer Geschwindigkeit von 30 m/min. fahren und mit einer starren Leitlinie navigieren.

Die Ingenieure haben sich gegen den FTS-Einsatz entschieden. Es wäre eine schicke, aber unpraktische Lösung gewesen. Denn das Platzangebot war zu gering. Und ihre Flexibilität hätten die FTF nicht ausspielen können. Hinzu kommen, ein im Vergleich zur klassischen Fördertechnik höhere Fehleranfälligkeit und ein höherer Wartungsaufwand.

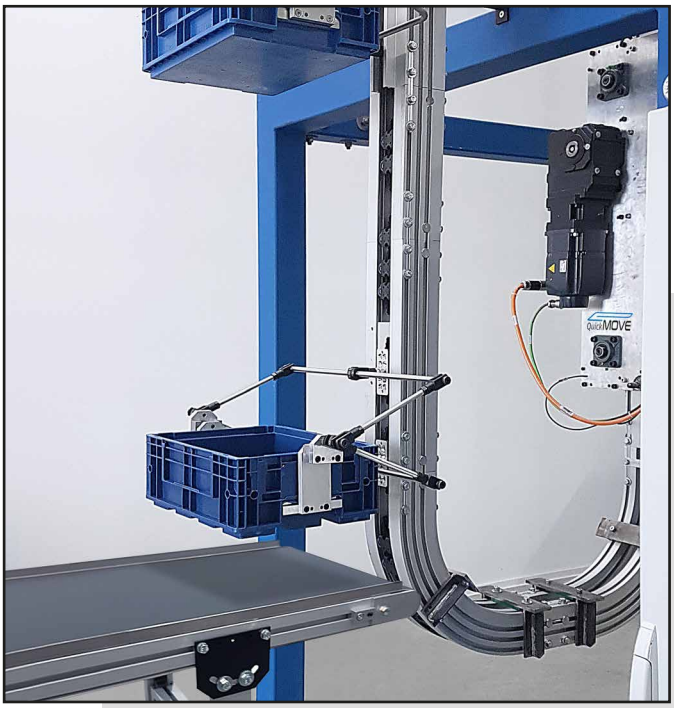


Kettenförderer mit kundenspezifischem Werkstückträger in korrosionsbeständiger Ausführung für Waschstraße

Beispiel Nr. 2: Produkttransport in einer Fabrik

In einer Produktion mit kontinuierlichem Materialfluss und großem Durchsatz transportierte bislang ein Routenzug mit Fahrer Kanban-Regale alle 40 Minuten zwischen Kommissionierung und Montage hin und her. Der Betrieb fragte für diese Strecke nach einer Verkettung. 30% der Wegezeiten sollten erspart werden. Die Besonderheit: Eine relativ große Zone sollte dabei unberührt bleiben und als Verkehrsweg zur Verfügung stehen. Für eine klassische Fördertechnik war also kein Platz.

Den Ingenieuren blieb die Wahl zwischen einem FTS mit Konturnavigation und einem Hängebahnsystem mit einem Durchsatz von 50 Kisten pro Stunde. Sie entschieden sich für das Hängebahnsystem. Ausschlaggebend waren die Kosten. Das FTS war 25% teurer als die Hängebahn.



Hängebahnsystem mit Übergabestation an Fördertechnik

Beispiel Nr. 3: Automation in einem Forschungslabor

Ein Forschungslabor suchte nach einer Möglichkeit, Prüflinge zwischen Prüfkammern und Lagerflächen hin- und her zu transportieren. Hier haben sich die Ingenieure gegen klassische Fördertechnik und für ein FTS entschieden. Die Prüflinge stehen dabei auf einem Gestell, das mit einer Schwerkraftrollenbahn ausgestattet ist und von einem Unterfahrzeug befördert wird. Es orientiert sich mit Hilfe der Rasternavigation, bei der Magnete oder Transponder in den Boden eingelassen sind. An den Stationen zieht ein Magnet die Prüflinge vom Gestell. Zudem war kein hoher Durchsatz nötig: Die Prüflinge stehen mehr auf ihren Lagerflächen, als dass sie bewegt werden.

Warum sich die Ingenieure für das FTS entschieden haben? Auch in diesem Fall waren die Kosten entscheidend. Das FTS war bis zu 30% preiswerter als Fördertechnik. Ein weiterer Vorteil waren die freien Wege.

FTS an Übergabestation: Ein Magnet zieht die Prüflinge über eine Schwerkraftrollenbahn vom Gestell

FTS steckt in der Produktion noch in den Kinderschuhen

Die Begriffe FTS und Matrixproduktion fallen oft in einem Atemzug. In der Matrixproduktion sind klassische Produktionsketten aufgehoben. Stattdessen existieren manuelle, teil- oder vollautomatisierte Zellen, die sich schnell an neue Produktionsaufgaben anpassen lassen. FTS erscheinen beim Produkttransport dank ihrer Flexibilität als passendes Puzzlestück. Klassische Fördertechnik kommt in diesem Szenario hingegen nur noch bei der Zu- und Abführung der Produkte zum Einsatz. So zumindest macht es der Industrie-4.0-Hype Glauben.

Doch ein Blick in die Realität zeigt: Autonome FTS halten zwar in der Logistik Einzug – etwa in den Lagern vom Onlinehändler Amazon. Doch in der Produktion stecken die FTS in der Pilotprojekt-Phase. Sie sind längst keine bewährte Praxis. Interessant ist zudem, dass die meisten Pilotprojekte in der Automotive-Branche stattfinden. Dort also, wo eigentlich feste Abläufe und wenig Flexibilität, dafür aber höchste Prozesssicherheit gefragt sind. Ihre Vorteile – Autonomie und Flexibilität – spielen die FTS in diesen Projekten nur in den seltensten Fällen aus.

Zudem sind bei Praxiseinsätzen die FTS Grenzen erkennbar. Wegen der zeitaufwendigen Lastübergabesituation lassen sich keine so kurzen Taktzeiten wie bei einer Festverkettung erreichen. In der Regel setzen Unternehmen FTS daher bei geringen Mengenströmen und höheren Taktzeiten ein.

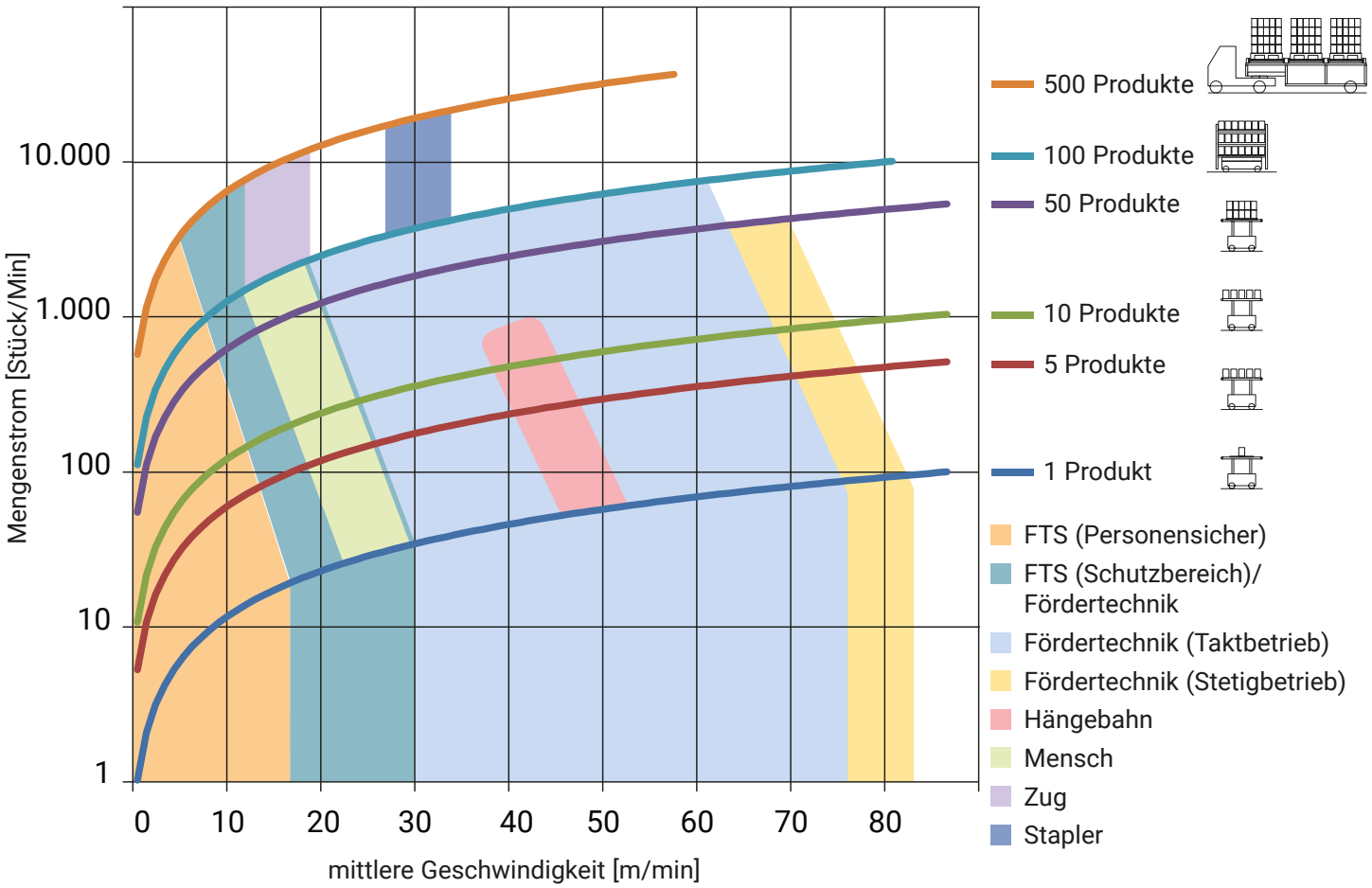
So finden Ingenieure das passende Fördersystem

Die hier dargestellte Vergleichsmatrix unterstützt Ingenieure bei der Wahl eines Fördersystems. Um die Matrix zu nutzen, sind drei Schritte notwendig. Berechnen Sie zunächst den Mengenstrom aus der jährlichen Produktion. Rechnen Sie um, wie viel Produkte das System pro Minuten transportieren muss.

Als Nächstes berechnen Sie aus dem Gesamtweg der Transportroute die mittlere Geschwindigkeit. Berücksichtigen Sie dabei auch alle Nebenzeiten, etwa die Übergabe- und Ladezeiten, und die maximal zulässige Geschwindigkeit in Schutzbereichen.

Mit diesen beiden Werten als x- und y-Koordinaten landen Sie in der Vergleichsmatrix in einem Bereich, welcher dem passenden Fördersystem entspricht.

Vergleichsmatrix FTS-Alternativen



Über den Mengenstrom und die mittlere Geschwindigkeit lässt sich in der Regel eine Tendenz zum passenden System ermitteln. Eine exakte Bestimmung ist abhängig von den hersteller-spezifischen Eigenschaften des Transportmediums.

Das Diagramm zeigt: Das Einsatzgebiet von FTS ist relativ beschränkt. Die Systeme kommen primär bei längeren Strecken und eher geringem Durchsatz zum Einsatz. Das liegt daran, dass die Fahrzeuge außerhalb von Schutzbereichen mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich nur 0,30 m/s fahren.

Zudem nimmt die Übergabe Zeit in Anspruch. Eine Frontalübergabe dauert bis zu 25 Sekunden. Wesentlich schneller ist eine seitliche Übergabe in der Bewegung. Sie dauert nur rund zwei Sekunden. Erst wenn sich das Fahrzeug zudem im Schutzbereich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1,5 m/s, liegt die FTS-Leistung nahe dem Bereich der klassischen Fördertechnik.

Unterfahrzeug mit Rollwagen aus Aluminiumprofil inkl. angetriebener Rollenbahn und Schutzumhausung an Übergabestation

Daneben sollte im Kontext der Nutzwertanalyse betrachtet werden, ob die Route aufgrund von Leerfahrten und Ladezyklen oder aufgrund räumlicher Einschränkungen, wie z.B. Höhenunterschieden überhaupt für die Nutzung eines FTS geeignet ist. Der Bedarf an Flexibilität, den FTS bieten, muß in dem Zuge ebenfalls bewertet werden.

FTS vs. Fördertechnik: Fazit

FTS punkten gegenüber der klassischen Fördertechnik hauptsächlich mit großer Flexibilität. Noch flexibler ist da nur eine manuelle Handhabung. Dafür sind FTS aber auch relativ teuer und für jede Anwendung muss geprüft werden, was die Flexibilität in Zahlen wert ist. Wirtschaftlich erfolgreich ist der Einsatz von FTS besonders dann, wenn nicht nur der Maschinenpark stimmt, sondern auch die Prozesse dahinter angepasst werden.

Derzeit nutzen Unternehmen FTS in der Produktion und Automation in erster Linie bei langen, variablen Transportwegen. Auch bei langen Takt- oder Standzeiten des Produkts werden FTS eingesetzt. FTS konkurrieren in diesem Bereich weniger mit klassischer Fördertechnik. Sie stehen vielmehr im Vergleich zu manuellen Flurförderzeugen.

FTS schließen als Teilautomatisierung die Lücke zwischen rein manuellen Tätigkeiten und dem innerbetrieblichen Milkrun-Konzept oder auch zur Vollautomatisierung. In Kombination mit flexiblen Bereitstellwagen mit LAM aus Aluminium-System-Profilen bieten sie eine schnell umsetzbare, erweiterbare und wandlungsfähige Lösung.

Der neue Mobilfunkstandard 5G und eine intelligente, vollständige Vernetzung ganzer Flotten werden die Anwendungsbereiche von FTS voraussichtlich weiter ausweiten.

Klassische Fördertechnik besticht durch enorme Prozesssicherheit und hohen Durchsatz. Insbesondere bei kurzen Wegen ist klassiche Fördertechnik zudem deutlich günstiger als FTS.

Je höher der Automatisierungsgrad, desto eher ist die klassische Fördertechnik das Mittel der Wahl.

Doch es gilt: Jede Anwendung ist individuell. Systementscheidungen lassen sich nicht verallgemeinern.
Es gilt daher, bei jeder Anwendung mehrere Lösungsszenarien durchzurechnen – möglichst unvoreingenommen. Und sich schließlich für die wirtschaftlichste und zukunftsfähigste Transportlösung zu entscheiden.

Die verwendeten Bilder zeigen Anwendungslösungen, die von der mk Technology Group realisiert wurden.
Die Aufnahmen wurden beim Kunden vort Ort gemacht.

Quellen:
- Forster, Jennifer: Fahrerlose Transportsysteme als flexible Lösung der Fördertechnik in Industrie 4.0 - Benchmark FTS und Lastaufnahmemittel mit Realisierung einer angetriebenen Rollenbahn, 2019
- Unterlagen von FTS Herstellern
- Fachliteratur

Maschinenbau Kitz GmbH

Stammhaus der
mk Technology Group

Ampèrestraße 18
53844 Troisdorf
Deutschland

info@mk-group.com
www.mk-group.com

Über den Herausgeber

Die mk Technology Group mit ihrem 1966 gegründeten Stammhaus Maschinenbau Kitz in Troisdorf bei Bonn, ist einer der führenden Anbieter von Profiltechnik, Fördertechnik und Systemlösungen. Auf Grundlage des eigenen Aluminiumprofilsystems als übergreifende Basistechnologie, bietet mk einen umfangreichen modularen Baukasten für den Maschinenbau und die Fabrikautomation. Die Unternehmensgruppe erwirtschaftet mit 470 Mitarbeitern rund 69 Mio. Euro Umsatz an ihren Standorten in Europa und Nordamerika.

Copyright © Maschinenbau Kitz GmbH 01/2020