



WIE SENSOREN DIE SICHERE AUTOMATISIERUNG IN DER FÖRDERTECHNIK VORANTREIBEN

MESSTECHNIK DER NÄCHSTEN GENERATION UNTERSTÜTZT INTELLIGENTE, ROBOTERGESTEUERTE FTS

Automatisierte und integrierte Systeme haben sich in Industrien wie der Fördertechnik als effiziente und kostengünstige Alternative erwiesen. Der zunehmende Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) in diesen Anwendungen treibt den Bedarf an sicheren und zuverlässigen Messsystemen und Steuerungen voran.

Von Alessandro Bosio, Sensata Technologies

Die Industrie 4.0-Revolution ermöglicht eine neue Generation von fahrerlosen Transportsystemen (FTS) für den Einsatz in der ersten Welle von intelligenten Fertigungsstätten und Vertriebsstandorten. Diese Revolution erfordert auch neue Denkmodelle über alle Aspekte der Fördertechnik hinweg, insbesondere wenn es um funktionale Sicherheit und die Reduzierung von Arbeitsunfällen geht, und stellt gleichzeitig eine neue Herausforderung für Hersteller von Mess- und Steuerungstechnik dar.



EIN MARKT IN BEWEGUNG

Die Einführung von FTS in die Welt der Fördertechnik ist wenig spektakulär verlaufen, doch mit der vierten technologischen Revolution und dem Aufkommen von vernetzten Arbeitsplätzen werden die Karten vollständig neu gemischt.

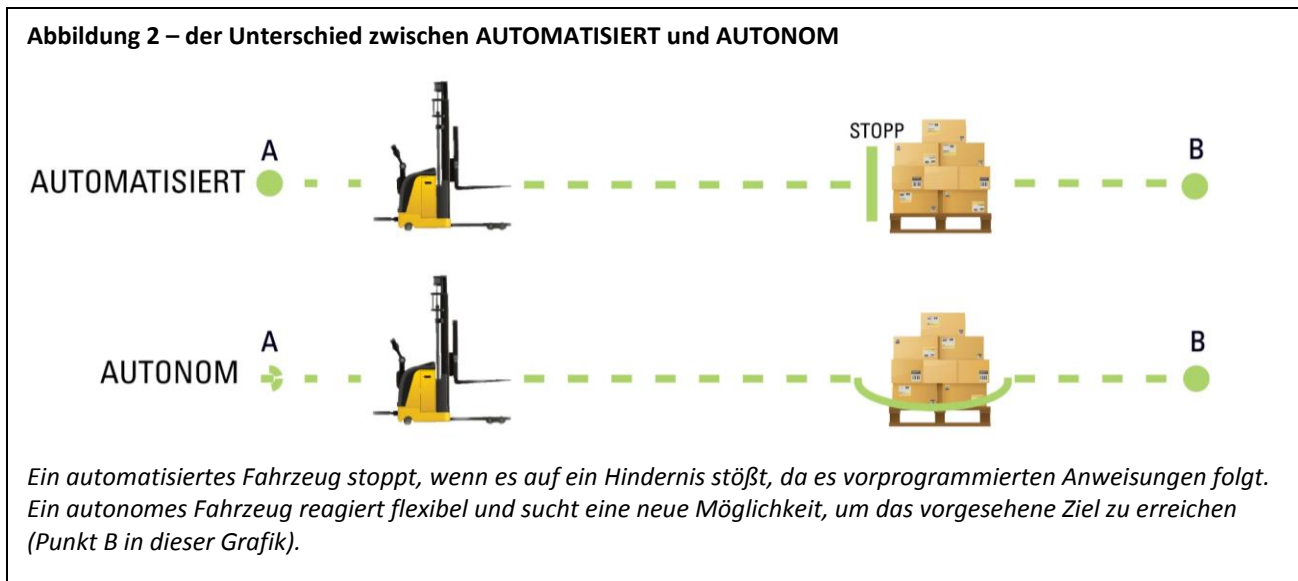
Auf FTS entfallen zurzeit rund 10 % des weltweiten Marktes für automatisierte Fördertechniksysteme.

Abbildung 1



Fahrerlose Transportsysteme kommen zunehmend in Fördertechnik-anwendungen zum Einsatz, in denen die Industrie 4.0-Revolution den Nutzen der integrierten Automatisierung weiter steigert.

Die Zukunft von FTS wird zweifellos autonom sein – mit Systemen, die anpassungsfähig sind und intelligenzbasierte Funktionalitäten bieten, um in Grenzbereichen auf Situationen reagieren zu können, die bei der Entwicklung nicht vorprogrammiert wurden. Fahrerlose Transportsysteme für den Einsatz in Produktionsstätten, Industriebetrieben, im Einzelhandel, in Lagern usw. können in vier Kategorien unterteilt werden: Gabelstapler (die Güter horizontal und vertikal bewegen); Palettenhubwagen (nur horizontal); Schleppfahrzeuge und Stückgutfördersysteme (zum Transport von schweren Gütern vom Förderband zur Montagelinie).



Heute werden die meisten FTS eingesetzt, um die Fördertechnik und Verpackungslogistik zu automatisieren, wobei Mensch und Maschine zusammenarbeiten. Einige Unternehmen haben bereits die nächste Stufe der Automatisierung umgesetzt und verwenden zur Aufnahme von gewünschten Objekten Roboterarme, wodurch auf menschliche Eingriffe vollständig verzichtet werden kann. Während dies das erklärte Ziel der Branche ist, stellen die Objekterkennung und das Greifvermögen zwei der größten Herausforderungen dar, die derzeit noch zu lösen sind.

Warum wenden sich Fertigungs- und Logistikbetriebe dennoch verstärkt FTS-basierten Lösungen zu? Einer der Gründe dafür ist, dass "sich FTS langfristig als effizienter und kostengünstiger als von Menschen bediente Fördertechnikanlagen erwiesen haben. Zusätzlich sind FTS immanent sicherer, da sie das Problem von Fehlbedienungen vollständig eliminieren. Zu den Argumenten dagegen zählen jedoch die hohen Anschaffungs- und Einrichtungskosten sowie der Umstand, dass nicht alle Standorte für diese Systeme am Boden ausreichend Platz bieten. Das vielleicht größte Hindernis für den breitflächigeren Einsatz von FTS ist jedoch, dass es noch keine einzelne Navigationstechnologie gibt, für die ein einheitlicher Standard aufgestellt, verglichen und bemessen werden kann.



NAVIGATION UND LENKUNGSSTEUERUNG

Navigationstechnologien

Es gibt zahlreiche verschiedene Navigationstechnologien auf dem Markt, von denen jedoch einige (wie die Leitdraht-Spurführung, optische Navigation und Transpondernavigation) heute seltener zum Einsatz kommen. FTS-Hersteller ziehen für neue Ausrüstung oder Anlagen meist die vier folgenden Technologien in Betracht.

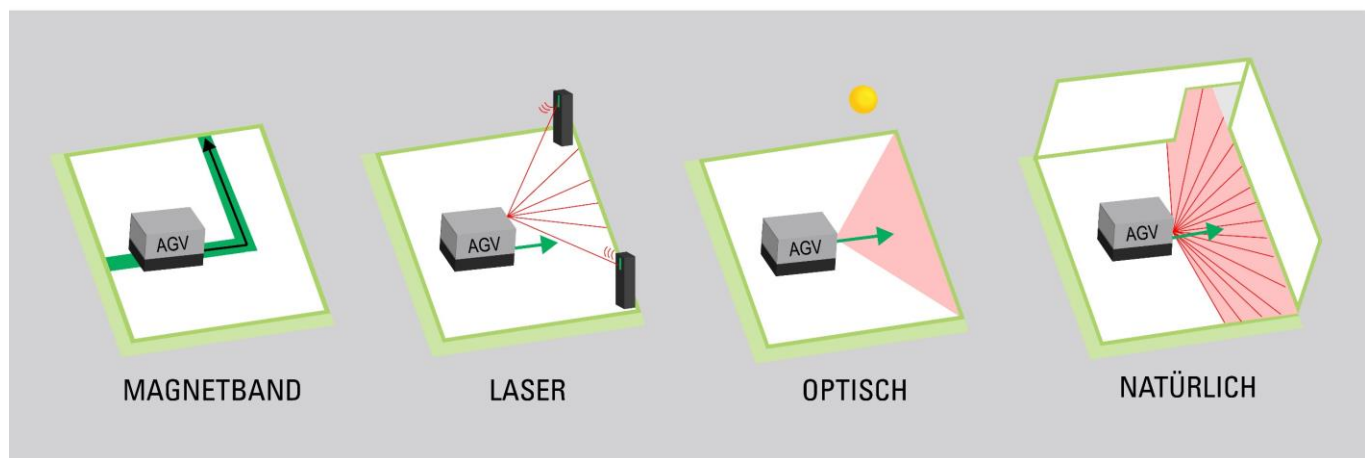
Bei der **Magnetbandnavigation** werden leichte fahrerlose Transportfahrzeuge über einen Magnetstreifen auf dem Boden gesteuert. Ein großer Vorteil von Magnetband gegenüber der Leitdraht-Spurführung ist, dass es sich einfach entfernen und neu verlegen lässt, wenn der Fahrkurs geändert werden muss. Zudem entfallen damit die hohen Kosten für die Bodeninstallation im Werk oder Lager. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass die Routen festgelegt und durch das Band sorgfältig definiert werden müssen. Wenn vor dem Fahrzeug ein Hindernis erkannt wird, stoppt es und wartet, bis das Problem beseitigt wird (zum Beispiel durch Entfernen des Hindernisses), bevor es wieder anfährt.

Die **Lasernavigation** ähnelt einem elektronischen Auge, das mithilfe von an den umgebenden Wänden angebrachten Reflektoren per Triangulation die exakte Position des Fahrzeugs bestimmt, um die gewünschten Aufgaben im Arbeitsbereich auszuführen. Der Vorteil der lasergeführten Technologie ist, dass sie im Gegensatz zu Magnetband-Leitsystemen keine Bodenarbeiten erfordert. Zusätzlich können Routenänderungen einfach über Aktualisierungen der Software vorgenommen werden, was maximale Flexibilität für die Logistik des Unternehmens bietet.

Optisch geführte Fahrzeuge verwenden für die Navigation optische Sensoren (Kameras) zusätzlich zu weiteren Sensoren wie Geschwindigkeits- oder Lasersensoren, und die Software im Fahrzeug erstellt eine 3D-Karte der Arbeitsumgebung. Diese Technologie ermöglicht den Betrieb der Fahrzeuge sowohl im automatischen als auch im manuellen Modus, was ein Höchstmaß an Flexibilität bietet.

Auf **natürlicher** Navigation basierende FTS benötigen keine Reflektoren oder Wegmarkierungen, sodass sie sich schneller installieren und einfach in bestehende Systeme integrieren lassen, was die Auswirkungen auf den laufenden Betrieb minimiert. Bei dieser Navigationsart kommt hauptsächlich die LiDAR-Technologie (Light Detection and Ranging) zum Einsatz.

Abbildung 3



In modernen FTS kommen je nach der spezifischen Anwendung die Magnetband-, Laser-, optische und natürliche Navigation am häufigsten zum Einsatz.

Konfigurationen für die Lenkungssteuerung

Für die Lenkungssteuerung von FTS gibt es zahlreiche Konfigurationen. Um zu ermitteln, welche Methode sich für ein bestimmtes Fahrzeugsystem am besten eignet, werden in der Regel vier Faktoren berücksichtigt: die Einfachheit des Aufbaus, die Lenkungs- und Fahrfunktionen, die Möglichkeit, auf engem Raum zu navigieren und die Gesamtkosten des Fahrzeugs. Die Auswahl der richtigen Lenkungssteuerung ist von grundlegender Bedeutung, um den richtigen Kompromiss zwischen Leistung und Kosten einer Anwendung zu erzielen.

Die drei am häufigsten verwendeten Konfigurationen für die Lenkungssteuerung von FTS sind Dreirad, Differential- und Vierrad-Lenkssysteme.

Die **Dreiradlenkung** ist die gängigste Lösung für Hubwagen-FTS. Sie lässt sich relativ einfach umsetzen und bietet eine sehr präzise Steuerung. Dieses System beruht oft auf Gebern, um die Geschwindigkeit und Richtung eines Hauptrades zu überwachen und zu messen, das die Bewegung des Fahrzeugs steuert.

Die **Differentiallenkung** ist eine beliebte Lösung für fahrerlose Stückgutförderer und Schleppfahrzeuge, da sich das Fahrzeug damit um seinen Mittelpunkt drehen kann, wobei die Drehung jedoch etwas eingeschränkt ist. Die Lenkungssteuerung erfolgt durch unterschiedliche Drehzahlen der beiden gesteuerten Räder in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung, wofür ein einzelner Motor und Geber an jedem Rad zum Einsatz kommt.

Eine **Vierradlenkung** bietet die beste Manövrierbarkeit, da sie eine Bewegung um 360° in jeder Richtung ermöglicht. Sie ist somit die ideale Lösung für Stückgutförderer. Die Möglichkeit, das Fahrzeug seitlich oder im Krebsgang zu steuern, sorgt für eine bessere und präzisere Navigation auf engem Raum und in komplexen Bereichen. Da mehr Räder gesteuert müssen, die eine Lenkungssteuerung und weitere Antriebstechnik wie Geber und Sensoren erfordern, ist diese Konfiguration gleichzeitig die komplexeste.



SICHERE AUTOMATISIERUNG MIT SENSOREN

Mit den Navigations- und Lenkungstechnologien geht ein breites Spektrum an Sensoren einher, die dem Steuerungssystem wichtige Rückmeldungen über die Umgebung und den Betrieb des FTS liefern. Die Navigationssensoren wie LiDAR-Systeme und Kameras sowie die Sensoren zur Steuerung der Geschwindigkeit und Richtung wie Geber sind von grundlegender Bedeutung, um einen präzisen und sicheren Betrieb sicherzustellen.

LiDAR für die präzise FTS-Navigation

Zu den jüngsten Innovationen beim FTS-Design zählt der Einsatz der LiDAR-Technologie. LiDAR ähnelt dem Radar, verwendet jedoch statt Radiowellen Laserstrahlen, die von der Umgebung zurückgeworfen werden, um den Objektbereich und die 3D-Form exakt zu vermessen. Gleichzeitig werden Intensitätsdaten zur Verfügung gestellt, die zum Beispiel Spurmarkierungen erkennen helfen. Während kamerabasierte Lösungen in Umgebungen mit plötzlichen Vibrationen, schlechten Lichtverhältnissen oder Staub an ihre Grenzen stoßen können, haben sich LiDAR-Systeme als hoch zuverlässig erwiesen. Im Vergleich zu anderen Navigationsmethoden benötigen sie keine externen Ziele wie Reflektoren, RFID-Marken oder Wegmarkierungen für die Navigation. Sie eignen sich somit nicht nur ideal für die Lokalisierung und Kartierung, sondern helfen auch Kollisionen zu vermeiden und stellen sicher, dass Lasten ordnungsgemäß und sicher aufgenommen und platziert werden.

Bisher waren LiDAR-Sensoren jedoch teuer in der Anschaffung und basierten auf mechanischen Scannern. Die LiDAR-Technologie entwickelt sich jedoch weiter und neue, vollständig auf Halbleitertechnik basierende Lösungen (d. h. ohne bewegliche Teile) benötigen weniger Strom und bieten eine höhere Auflösung sowie eine größere Reichweite. Diese neue Generation von LiDAR-Sensoren ist nicht nur zuverlässiger als mechanische Modelle, sondern auch kostengünstiger. Durch die Anordnung mehrerer kleiner Halbleiter-LiDAR-Sensoren in einer Reihe wird ein 3D-Live-Umgebungsbild erzeugt, sodass stationäre und bewegliche Objekte nach Bedarf erkannt und verfolgt werden können.

Als Technologie, die sowohl optisch als auch lasergeführte Komponenten umfasst, eignen sich die neuesten LiDAR-Lösungen perfekt für die natürliche Navigation und bieten höchste Auflösung mit maximaler Systemflexibilität. Interessierende Bereiche und Scanmuster können nach Bedarf konfiguriert werden und das kompakte, modulare Design ermöglicht die Integration leistungsstarker Verarbeitungs-Hardware und -Software von Drittanbietern.

Geber überwachen die Geschwindigkeit und Richtung

Um die Fahrgeschwindigkeit und Fahrtrichtung als Reaktion auf Daten von der Navigationstechnologie zu steuern, kommen in einem breiten Spektrum von FTS präzise und sicherheitsgeprüfte Geber zum Einsatz. Zur Minimierung oder vollständigen Eliminierung von Risiken für Maschinen und Systeme in industriellen Anwendungen können Komponenten wie Geber nach Industriestandards für das Performance-Level (PL) und Sicherheitsintegritäts-Level (SIL) zertifiziert werden. Für FTS-Anwendungen eignen sich bis zum Safety Integrity Level 3 (SIL3) eingestufte Komponenten ideal, da dies die höchste Sicherheitsstufe für das System ermöglicht. SIL3-zertifizierte Geber sind oft teurer als Produkte mit einer geringeren Sicherheitsstufe, reduzieren jedoch das Risiko von Ausfällen im System erheblich, was im Fall eines in einem Lager eingesetzten FTS teuren Sachschäden und Verletzungen vorbeugen kann.

Geber mit einer niedrigeren Sicherheitsstufe wie SIL2 oder weniger erfordern oft den Einsatz weiterer Geber, um durch Redundanz ein akzeptables Risiko für eine gegebene Anwendung zu erreichen. Der Bedarf an zusätzlichen Komponenten erhöht die Komplexität und Kosten des Systems und kann aufgrund der Platzbeschränkungen in automatisierten/autonomen Fahrzeugen ein ernsthaftes Problem darstellen.

Abbildung 4



Functional Safety Type Approved

www.tuv.com ID: 0600000000

Die Geber für funktionale Sicherheit von Sensata für die Sicherheitsstufe SIL3/PLe, Kat. 4 eignen sich ideal für den Einsatz in FTS. Sie steuern die Fahrgeschwindigkeit und Fahrtrichtung und bieten ein Höchstmaß an Systemsicherheit.

Seilzugsensoren gewährleisten die ordnungsgemäße Masthöhe

Die oben beschriebenen Sensoren und Funktionen kommen breitflächig im gesamten Spektrum von FTS-Anwendungen zum Einsatz. Für fahrerlose Gabelstapler- und Palettenhubwagensysteme werden zusätzlich eine Reihe weiterer Sensoren benötigt.

Diese Anwendungen erfordern zusätzliche Geber und Positionssensoren, um einen sicheren und kontrollierten Betrieb sicherzustellen. Die Masthöhensteuerung mag für herkömmliche Gabelstapler als verzichtbar angesehen werden, ist jedoch für fahrerlose Flurförderfahrzeuge unerlässlich.

Die Steuerung der Masthöhe (oder Hubhöhe) eines Gabelstaplers ist für die korrekte Positionierung der Last äußerst wichtig, da Güter in verschiedenen Höhen sicher aufgenommen oder abgelegt werden müssen. Zudem vermeidet sie Kollisionen mit deckenmontierten Elementen. Seilzugsensoren werden in der Industrie auch als Seilzugwegaufnehmer, Wegaufnehmer mit Seilzugerweiterung, Drahtpotentiometer, lineare Positionsseilzugpotentiometer und Seilzuggeber bezeichnet. Sie werden bei Gabelstaplern verwendet, um eine präzise lineare Positionsrückmeldung für den Mast zu liefern.

Abbildung 5



Hall-Effekt-Sensoren wie die Modelle 9360 und 9960 von Sensata bieten eine Standardlebensdauer von 35 Millionen Zyklen, eine Linearität von +/-0,5 %, die Schutzart IP69K und Betriebstemperaturen von 85 °C. Sie sind somit die ideale Lösung für zahlreiche Anwendungen, darunter die Neigungskontrolle der Gabel und Lenkungssteuerung.

Diese Komponenten bestehen aus einem flexiblen Kabel, einer federbelasteten Spule und einem Sensor (ein optischer Geber mit Inkremental-, Absolutwert-, analogem oder potentiometrischem Ausgang, in manchen Fällen auch ein Hall-Effekt-Sensor). Sie eignen sich ideal für den Einsatz in feuchten und stark verschmutzten Umgebungen sowie im Außenbereich. Diese Art Positionssensor kann in FTS auch verwendet werden, um seitliche Gabelbewegungen zu überwachen und die automatische Voreinstellung für verschiedene Palettengrößen zu ermöglichen.

Hall-Effekt-Drehsensoren beugen dem Verschütten von Lasten vor

Hall-Effekt-Drehsensoren werden in FTS für verschiedene Funktionen wie die Neigungskontrolle der Gabel bei fahrerlosen Gabelstaplern (und Flurförderfahrzeugen im Allgemeinen) eingesetzt.

Dieser Sensor wird am unteren Ende des Masts angebracht und ermöglicht, die Neigung der Gabel zu kalibrieren und zu steuern, um ein Verschütten der Last zu verhindern. Zusätzlich können elektrisch angetriebene Scherenhebebühnen in FTS integriert werden, um eine statische Plattform auf dem Fahrzeug für den Transport oder zur Platzierung des Produkts für die menschliche Interaktion anzuheben und abzusenken. In diesen Fällen wird ein Hall-Effekt-Drehensor verwendet, um die Neigung der seitlichen Scheren zu messen und die Halterung in der gewünschten Höhe zu platzieren. In FTS kommen eine Reihe weiterer Sensoren zum Einsatz: Mit Drucksensoren wird bei Gabelstaplern das Gewicht der Last überwacht, was bei Stückgutförderern auch mithilfe von Lastzellen realisiert werden kann. Bei Magnetband-Navigationssystemen werden spezifische Sensoren für die Spurführung entlang des Magnetbands verwendet. Der Magnetsensor misst, wie weit er sich von der Mitte des Bandes entfernt befindet und überträgt diese Information an die Motorsteuerung, die dann die Lenkung so anpasst, dass das Fahrzeug in der Mitte der Spur bleibt.

Durch Trägheitsnavigation geführte FTS verwenden Transponder, um zu überprüfen, dass das Fahrzeug den Kurs hält, sowie ein Gyroskop zur Erkennung geringster Veränderungen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs. In Gabelstapleranwendungen werden kompakte fotoelektronische Sensoren in die schmalen Gabelenden sowie den Metallrahmen integriert, um Kollisionen zwischen den Fahrzeugen zu vermeiden und das sichere Auf- und Entladen von Paletten zu gewährleisten.



Die Fördertechnik zählt zu den wichtigsten Segmenten für Entwickler und Hersteller im Bereich der Steuerungs- und Messtechnik, und die wachsende Verbreitung von fahrerlosen Transportsystemen beschleunigt die Entwicklung von neuen und noch komplexeren Lösungen für die Messtechnik.

Die zunehmende Interaktion zwischen Mensch und Maschine bedeutet, dass der Schwerpunkt in der Fördertechnik die Sicherheit bleibt – und Sensoren- und Steuerungshersteller weiterhin die Innovation und Exzellenz vorantreiben sowie gleichzeitig die Kosten und die Größe der Komponenten reduzieren. Neue Messtechnologien entwickeln sich heute schnell zum Standard von morgen, während Entwickler, Hersteller und Betreiber von Fördertechnikanlagen nach höherer Effizienz, mehr Leistung und einem Höchstmaß an Sicherheit streben.