Erwartungen an die FTS-Branche

Technologie und Innovation

Dr.-Ing. **G. Ullrich**, Forum-FTS GmbH, Voerde;

Kurzfassung

- Veränderte Kundenerwartungen bewegen die FTS-Branche
- All-Times-High bei den Bestellungen und der Nachfrage
- Standard-Leitsteuerungen für den Betrieb mehrerer Systeme
- 3D Sensorfusion als Bedingung für intelligente und sichere Roboter-Konzepte

1. Einleitung

Technologie und Innovationen prägen unsere Zeit und sind der Motor agiler Produktionsversorgungssysteme. In den mehr als dreißig Jahren der Arbeit im VDI Fachausschuss „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“ gab es nie eine Phase, in der das FTS so gefragt war wie heute. In fast allen Branchen kommen die Planer bei der Konzeption neuer Produktionsversorgungssysteme nicht am FTS vorbei. Die FTS-Hersteller produzieren mit Hochdruck, und ständig wächst die Zahl der Anbieter. Nahezu alle Unternehmen, die sich mit manuellen mobilen Systemen beschäftigen, erweitern ihre Bemühungen auf automatische Lösungen. In diesem Umfeld wachsen die Anforderungen der Kunden an das FTS:

- Wenn immer mehr FTS eingesetzt werden, müssen die Systeme miteinander kommunizieren.
- Der Einsatz unterschiedlichster Fahrzeuge von verschiedenen Herstellern verlangt mehr Standardisierung, insbesondere der Schnittstellen.
- Die angrenzenden Technologiegebiete, z.B. das autonome Fahren der Automobilindustrie und die Innovationen der Technologiekonzerne verlangen mehr autonomes und intelligentes Verhalten der Fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF).

Bild 1 zeigt die Zukunftsvision von Audi hinsichtlich der Fabrik der Zukunft. Sie wird geprägt von hochflexiblen Systemen, die fast alle beweglich/mobil sind. Das FTS, die mobilen Roboter, die mobilen Systeme werden Hochkonjunktur haben, was höchste Anforderungen an die Ansteuerbarkeit und Koordination der Systeme erfordert.

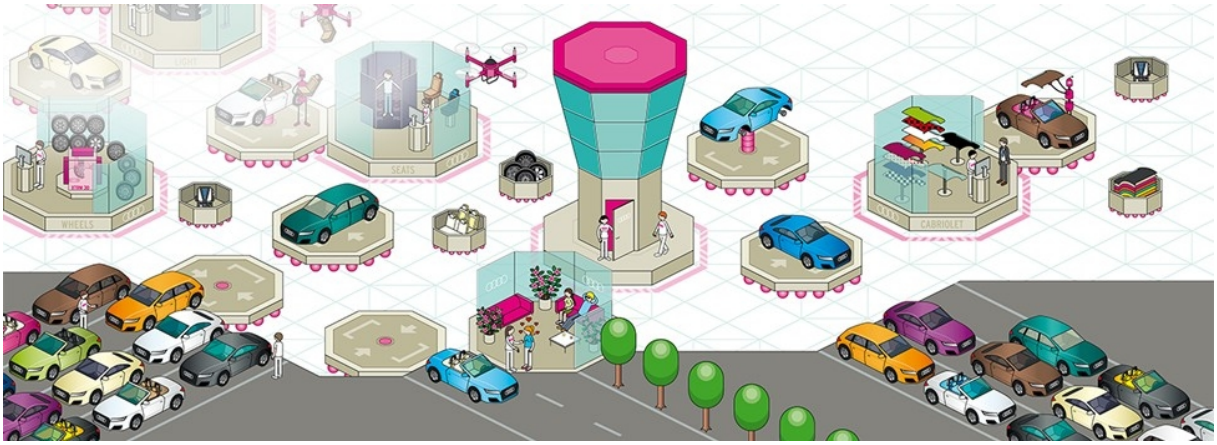

Bild 1: Vision einer agilen Produktion (Quelle: Audi)

Der Druck auf die FTS-Hersteller ist groß und die Erwartungshaltung der Kunden riesig: Aus der Computerwelt und aus den Medien sind wir daran gewöhnt, dass die Innovationszyklen immer kürzer werden und dass technisch scheinbar alles geht. Für die mittelständisch geprägte FTS-Branche sind das Herausforderungen, die kaum zu stemmen sind: Einerseits, weil die begrenzten Entwicklungsressourcen der Mittelständler auf die vielen laufenden Kundenprojekte begrenzt sind, andererseits, weil die Firmen, die von großen Unternehmen übernommen wurden, noch damit beschäftigt sind, sich in die administrativen Strukturen eines Konzerns zu integrieren.

2. Das autonome FTS als agiles Produktionsversorgungssystem?

Dabei ist das FTS seit jeher ein „agiles Produktionsversorgungssystem“, das Herzstück von Industrie 4.0 oder ehemals CIM (computer integrated manufacturing) [1]. Das FTS ist eine zuverlässige Automatisierungskomponente, die hochflexibel die Schlüsselfunktion der Intralogistik erfüllt.

Das FTS sorgt für

- verlässliche und sichere Prozesse
- Ordnung und Sauberkeit
- Prozessdaten für eine aussagekräftige Statistik
- eine flexible Verkettung der Prozesse

Die „Agile Produktion“ soll dafür sorgen, dass ganzheitliche Produktionssysteme zum Einsatz kommen, die mehr als flexibel sind, nämlich „agil“: Für die agile Produktion ist das Management von statischen Maschinenspezifikationen, dynamischen Maschinendaten sowie

Expertenwissen ein wichtiger Ansatzpunkt, wobei in der Intralogistik das FTS wiederum eine zentrale Rolle spielen kann. Das FTS verkettet die Anlagen, und die Fahrzeuge „erleben“ die Fabrik; dabei entstehen die wichtigen Daten für zukunftssichere Produktionssysteme.

Der Ruf nach einem autonomen FTS bzw. nach autonomen FTF wird immer lauter. Die Fahrzeuge sollen selbständiger werden, mehr eigene Entscheidungen treffen und weniger übergeordnete Koordination benötigen. Die Fahrzeuge sollen sich selbst ihre Aufträge geben, sich die Wege suchen und sich untereinander absprechen. Das würde noch mehr der Idee der agilen Produktion entsprechen.

Nun sind diese Forderungen schnell formuliert, aber nicht so leicht zu realisieren. Die Gefahr liegt darin, solche autonomen Funktionen zu früh, also unfertig und unerprobt einzusetzen. Die Folgen wären eine Unberechenbarkeit hinsichtlich der Leistung der Anlage, hinsichtlich des Verhaltens der Fahrzeuge, was im Chaos enden könnte. Anhand der oft geforderten autonomen Funktion des „autonomen Ausweichens von Hindernissen“ soll das näher erläutert werden.

Die heute eingesetzten FTS verwenden proprietäre Leitsteuerungen und 2-dimensionale Sensoren, wodurch die Möglichkeiten hinsichtlich der autonomen Funktionen beschränkt werden. Die Leitsteuerung spricht nur mit den eigenen Fahrzeugen [2], und die Sensorwelt ist eine Scheibe [3].

Daraus resultieren ganz konkrete Probleme:

- Einschätzen der Tiefe des Hindernisses, Bsp. Palette oder stehender Routenzug
- Einschätzen der Dauer der Störung durch das Hindernis
- Einschätzen des Gegenverkehrs, insbesondere wenn es sich nicht um die „eigenen“ FTF handelt, sondern um Fußgänger, Radfahrer, Mitarbeiter mit Gabelhubwagen, Stapler, Routenzug, u.v.m.
- Überraschungen durch einbiegenden Querverkehr während des Manövers
- Einschätzung der Auswirkungen auf den Verkehrsfluss: Nicht berechenbar, es entsteht durch unvorhersehbare Manöver der FTF eventuell ein Verkehrschaos, insbesondere bei stark befahrenen Routen mit Gegenverkehr (Deadlock)

Bei mehreren FTS-Herstellern sind Versuche zur freien Navigation mit autonomer Bestimmung von Verkehrswegen gescheitert. Gründe:

- Mischbetrieb! Umgebungsverkehr führt zu Deadlock-Situationen.
- Vorhersehbarkeit des Verhaltens der FTF ist für die Mitarbeiter nicht mehr gegeben.
- Mangelnde Betriebssicherheit.

Aus sicherheitstechnischer Sicht ist ein Verlassen der normalen Fahrspur zum „autonomen“, d.h. selbstständigen Überholen gefährlich, vor allem, wenn die Fahrzeuge noch nicht einmal über einen 3D-Maschinenschutz verfügen. Bei der Layouterstellung muss es möglich sein, nicht nur die Fahrwege und die Positionen (Haltepositionen, Lastübergabepositionen, etc.) vorzugeben, sondern auch zugehörige Flächen, durch die sich die maximal-erlaubten FTF-Bewegungen ergeben.

Innerhalb dieser Flächen soll das FTF ein Hindernis umfahren können. Dazu muss das FTF mit seiner Sensorik das Hindernis einschätzen und selbst berechnen, ob eine Vorbeifahrt auf der erlaubten Fläche möglich ist. Mit der heute üblichen Sensorik und der 2D-basierten Software ist das nicht möglich. Da ist es sinnvoller, während der Layoutplanung ein Verkehrskonzept mit Ausweichrouten zu definieren und zu realisieren - eine seit langem bewährte Strategie.

3. Die Rolle der FTS-Leitsteuerung

Es gibt zahlreiche Gründe, Standards im Bereich der Leitsteuerung zu fordern. Aus Sicht der Anwender sind dies:

- In einer Produktionshalle gibt es zukünftig mehr als ein FTS.
- Anbindung mehrerer FTS-Leitsteuerungen an ein ERP-System ist aufwändig.
- Mehrere FTF-Flotten teilen sich ein Layout => Abstimmung ist erforderlich.
- Das klassische FTS-Projekt führt zur Abhängigkeit von einem Lieferanten.
- Standard-Schnittstellen sind längst überfällig!
- Zur Auswahl stünde ein riesiges Angebot an Fahrzeugen, was eine ungeahnte Flexibilität bedeutet.
- Übergeordnete Systeme, die mehrere Subsysteme wie FTS, Staplerflotten und Routenzüge koordinieren könnten, sind die Voraussetzung für die Weiterentwicklung von autonomen FTS

Es gibt mehrere Institutionen, die sich dieses Themas angenommen haben. Auch der VDI Fachausschuss „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“ nimmt seine Aufgabe diesbezüglich sehr ernst. Allerdings gibt es einige Herausforderungen zu bedenken:

- Das klassische FTS-Projekt umfasste die technische Auslegung, Lieferung und Montage des Gesamtsystems FTS und lag vollständig in der Verantwortung des FTS-Herstellers.
- Dazu gehörte die Verantwortung über die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Intralogistik-Lösung. Der Lieferant war ein kompetenter Systempartner...
- Wenn zukünftig die FTS-Komponenten einzeln eingekauft werden, muss IRGENDJEMAND die Rolle des Integrators übernehmen und den Kopf hinhalten. Der FTF-Lieferant wird das genauso wenig tun wie der Programmierer der Standard-Leitsteuerung. Diese Rolle ist bisher unbesetzt.
- Die Anbieter müssen ihre Rolle neu definieren.
- Horrorvision: Niedergang der FTS-Kultur und Einsatz von Billig-FTF aus China.

Wir haben an anderer Stelle [2] Ansätze gezeigt, wie so eine Standard-Leitsteuerung aussehen kann (Bild 2).

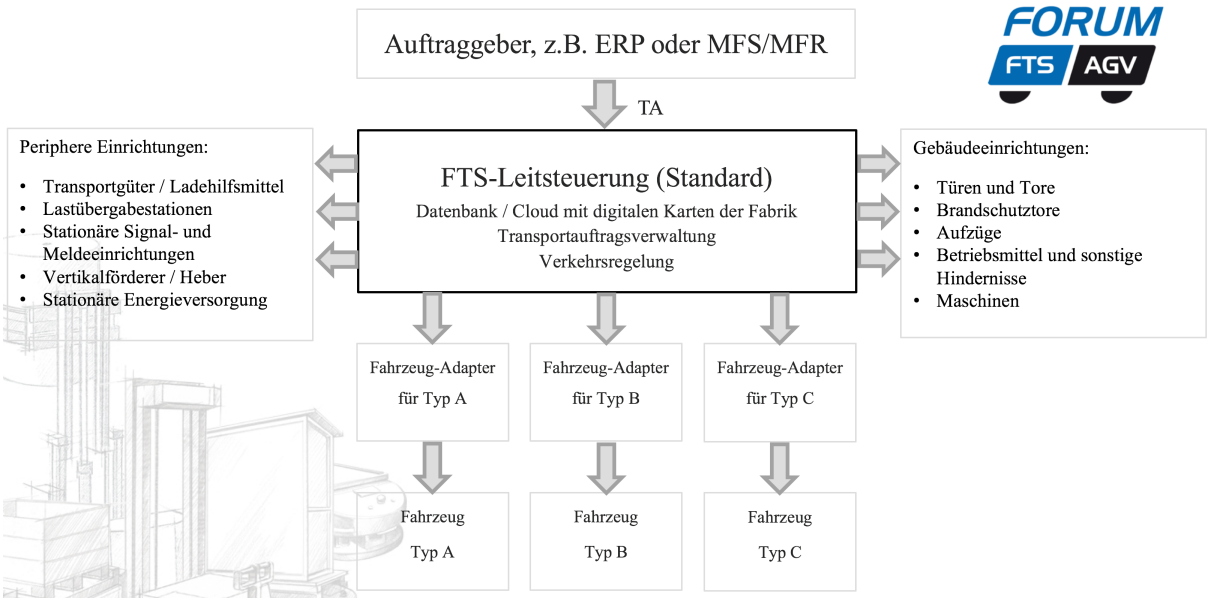

Bild 2: Systemkonzept einer Standard FTS-Leitsteuerung [2]

Zahlreiche Schnittstellen sind zu standardisieren, und zwar die Schnittstelle nach oben, also zum Auftraggeber und die zu den Gebäudeeinrichtungen und peripheren Einrichtungen. Viele dieser Schnittstellen sind weitgehend standardisiert, bzw. es gibt Quasi-Standards. Von zentraler Bedeutung sind die Schnittstellen zu den mannigfaltigen Fahrzeugen, die angebunden werden sollen. Hier wird es das größte Problem hinsichtlich einer Standardisierung

geben; aus diesem Grund haben wird in Bild 2 bereits drei FTF-Typen definiert, die entweder direkt oder aber mittels eines FTF-Adapters anzubinden sind.

Zusammengefasst betrifft das folgende Schnittstellen:

- Standard-Schnittstellen zur Datenbank / Cloud
  - mit den digitalen Landkarten von allen (Fahr-) Wegen, Fahrspuren, Wegebreiten …
  - Einrichtungen für die Navigation (Reflektoren, Magnete, Umgebungseinrichtungen, Indoor-GPS…)
  - Position der Tore, Brandschutztore, Aufzüge, Stationen, Ziele …
  - Verkehrsregeln und Einrichtungen, wie Ampeln, Geschwindigkeitsvorgaben …
  - Routen für dynamische Umleitungen bei Staus
  - Regeln und Routen für Eilaufträge
- Standard-Schnittstelle nach oben zum Auftrag generierenden System, z.B. ERP-System oder MFS/MFR
- Standard-Schnittstellen nach links und rechts zu den peripheren Einrichtungen und Gebäudeeinrichtungen
- Fahrzeug-Adapter Typ A für liniengeführte FTF (induktiv, optisch, Magnetband …)
- Fahrzeug-Adapter Typ B für FTF mit freier Navigation auf virtueller Leitlinie (Laser- / Magnetpunktnavigation …)
- Fahrzeug-Adapter Typ C für autonome FTF auf definierten Flächen (Umgebungsnavigation, Indoor-GPS …)

Neben den Schnittstellen spielen die wesentlichen Funktionen der Leitsteuerung eine wichtige Rolle. Dazu gehört die digitale Karte mit der Verkehrsregelung. Ähnlich wie im Straßenverkehr einer Großstadt muss die FTS-Leitsteuerung eine genaue digitale Karte pflegen und darauf aufbauend mit bekannten Regeln die Verkehrsregelung der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer übernehmen. Bei der digitalen Karte wird es nicht mehr genügen, diese 2-dimensional, sondern 3-dimensional zu führen. Der damit verbundene Aufwand (Datenvolumen, Speicherplatz, Rechenkapazität, künstliche Intelligenz (KI)) ist immens und stellt die eigentliche Herausforderung bei der Realisierung der Standard-Leitsteuerung dar.

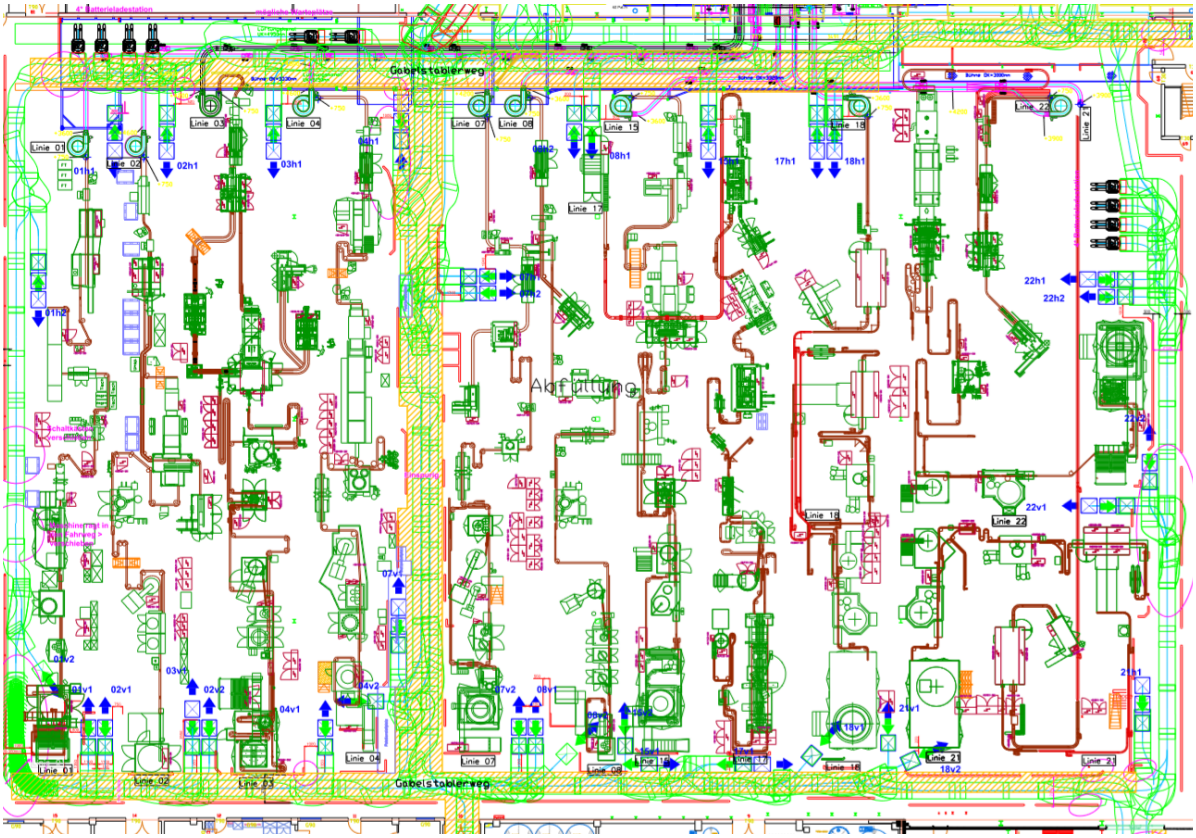

Bild 3: Die digitale Karte als Basis einer Standard-FTS-Leitsteuerung [2]

Wie sieht der Fahrplan für die erforderlichen Arbeiten auf dem Weg zur Standard-FTS-Leitsteuerung aus?

- Für viele Periphere- und Gebäudeeinrichtungen gibt es bereits VDI-Richtlinien.
- Der VDI arbeitet an neuen VDI-Richtlinien für die einheitlichen Schnittstellen, die das neue Denken berücksichtigen werden.
- Das Forum-FTS wird die Aktivitäten unterstützen, sowohl strategisch als auch mit neu ausgerichteter projektbezogener Planung und Beratung.
- Es wird Standards geben für die FTS-Leitsteuerung und die Datenbank/Cloud mit den standardisierten Schnittstellen.
- Die FTF-Vielfalt kann steuerungstechnisch durch 3 Typen mit Adaptern (möglichst von den Lieferanten) abgebildet werden.

4. Die 3D-Sensorfusion

Die heute eingesetzte Sensortechnik, insbesondere der Personenschutz basiert auf 2-dimensionalen Sensoren. Insbesondere die bewährten Sicherheits-Laserscanner haben die Vorteile, dass sie für den Personenschutz zugelassen sind, erheblichen Mehrwert bieten und

aufgrund der eigenen Leistungsfähigkeit überschaubaren Aufwand bei der Einbindung in die Sicherheitssteuerung erfordern – aber eben alles auf 2-dimensionaler Basis.

Nun ist die Welt – auch die in der Intralogistik – nun mal keine Scheibe [1] [3]. Aus sicherheitstechnischer Sicht reicht es eben nicht mehr aus, sich auf den Personenschutz zu konzentrieren, sondern den Maschinen- oder Objektschutz mit einzubeziehen. Dazu gehört das Erkennen von schwebenden Lasten, Gabeln von Staplern, leeren Paletten, Leitern etc. Dafür werden 3D-Sensoren benötigt, eine Forderung, die auch heute schon in die Lastenhefte der FTS-Projekte Einzug hält.

Wenn diese Elemente schon von 3D-Sensoren erfasst werden, dann steht der Schritt an, diese nicht nur zu detektieren, um davor zu warnen, sondern diese auch zu erkennen. Erkennen meint hier zu spezifizieren, dass es sich bei dem Hindernis um eine Gabel, eine Leiter, einen Menschen oder eine Palette handelt – denn erst mit diesen Informationen wäre intelligenten Verhalten der Systeme (Leitsteuerung und/oder FTF) denkbar.

Wir wissen heute aus Erfahrung, dass es gar nicht leicht ist, Maschinenschutz-Sensoren zu konzipieren und zu kalibrieren, weil alle am Markt verfügbaren Sensoren Schwächen haben, so dass ein einzelner Sensor nicht ausreichen wird, um die Anforderungen der Zukunft zu erfüllen. Wir werden fusionierte Sensoren benötigen, was den Aufwand bei der Auswertung hinsichtlich Datenvolumen, Speicherplatz, Rechenkapazität und KI nochmal erheblich vergrößern wird. Fusionierte 3D-Sensoren in den FTF müssen dann mit ortsfesten Sensoren zur Überwachung zentraler Knotenpunkte kombiniert ausgewertet werden, was die Anforderungen an die FTS-Leitsteuerung zukünftiger agiler Produktionsversorgungssysteme auf den Punkt bringt.

5. Zusammenfassung

Gäbe es eine gemeinsame Standard-Leitsteuerung anstatt der proprietären systembezogenen Lösungen, müsste diese Leitsteuerung alle Verkehrsteilnehmer kennen (Transponder) und ansprechen können. Als übergeordnetes System steuert es alle Systeme, insbesondere verschiedene FTS, aber auch die Radfahrer, Mitarbeiter mit Gabelhubwagen, Stapler, Routenzüge usw. Dazu kommen ortsfeste Sensorsysteme (Kameraüberwachung) an neuralgischen Punkten, wie Kreuzungen, Kurven usw. Ortsfeste regelnde Einrichtungen wie Ampeln und Schranken komplettieren die Vision.

Beim der Annäherung eines FTF auf ein Hindernis könnte die übergeordnete Leitsteuerung Hinweise geben bzw. Voraussetzungen schaffen bzgl.

- Art des Hindernisses
- Tiefe des Hindernisses
- Dauer der Störung
- Freie Fahrt auf der Überholspur

Letztlich könnte die Leitsteuerung dann ermitteln, ob ein Ausweichen sinnvoll ist und die entsprechend notwendigen Maßnahmen einleiten; dazu können gehören: Zugangsverbote für den Bereich, in dem der Überholvorgang stattfindet – sei es direkt als Kommando an die Verkehrsteilnehmer oder in Form von Ampel- und/oder Schrankensteuerung.

Voraussetzungen für diese Vision:

- Die FTF müssen mit 3D-Sensoren ausgestattet sein.
- Ortsfeste Sensoren unterstützen bei der Einschätzung der Verkehrslage.
- Die Standard-Leitsteuerung muss alle im Layout agierenden FTS steuern.
- Die Standard-Leitsteuerung muss alle im Layout agierenden Verkehrsteilnehmer sowie alle Transportmittel kontrollieren.
- Alle Transportmittel, die im Layout agieren, müssen mit einem Transponder jederzeit identifizierbar sein; das bezieht sich auf: Fahrräder, Gabelhubwagen, Routenzüge samt aller Anhänger, Stapler, usw.
- Das zugrundeliegende Layout muss mindestens flächenbezogen, nicht nur fahrwegbezogen geführt werden. Für ein autonomes, intelligentes Verhalten ist eine 3D-Karte erforderlich.

Ob und wann diese Vision Realität wird, ist fraglich. Offen bleibt auch die Diskussion, ob die vollständige Überwachung der Mitarbeiter („Big Brother is watching you“) gewollt und erlaubt sein wird, bzw. ob es in dieser Welt noch Mitarbeiter geben wird. Sind wir auf dem Weg zu menschenleeren Fabrik?

Literatur

[1] Ullrich, G.: Fahrerlose Transportsysteme. Eine Fibel – mit Praxisanwendungen – zur Technik – für die Planung. Springer Vieweg, Springer Fachmedien Wiesbaden 2011, 2014. ISBN: 978-3-8348-2591-9, ISBN: 978-3-8348-2592-6 (eBook). 2. Auflage (244 Seiten) erschienen im Dezember 2013

[2] Ullrich, G., Osterhoff, W.: FTS mit kompatiblen Schnittstellen für morgen. Fachvortrag anlässlich des 6. Technologieforums „Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter – Chance, Technologie, Wirtschaftlichkeit“ am Fraunhofer Institut IPA Produktionstechnik und Automatisierung, am 20. September 2017 in Stuttgart. Tagungsband Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter, Fraunhofer IPA F335, Technologieforum 20. September 2017

[3] Ullrich, G.: Die Welt ist keine Scheibe. Fachvortrag auf dem Logistikseminar „Produktionsversorgung der Zukunft“ am 12. Oktober 2017 an der TU München in Garching.