

# Innovationsbedarf bei Fahrerlosen Transportsystemen

## Wieviel Autonomie steckt im FTS heute?

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

### **Kurzfassung**

Die FTS-Branche stellt sich neu dar: Neue Spieler, neue Anwendungen. Das Autonome Fahren der Automobilbranche beeinflusst das Denken der Anwender und unser aller Perzeption. Gerade für die Bereiche Navigation und Sicherheit ergeben sich daraus erheblicher Entwicklungs- und Verbesserungsbedarf. Technologische Schwerpunkte liegen dabei auf der Sensorik und der Sensorfusion.

Ich möchte zeigen, was es genau bedeutet, in diesen Bereichen besser zu werden, und warum es der Branche schwer fällt, sofort alle Erwartungen zu erfüllen. In der zweiten Hälfte des Vortrages möchte ich konkrete Beispiele für Innovationen präsentieren, die belegen, dass die Branche innovativ ist und zumindest teilweise die Zeichen der Zeit erkannt hat.

### **1. Veränderungen in den Märkten**

Die Automobilindustrie kündigt das autonome Auto an. Spätestens 2015 wollen die ersten Serienhersteller mit dem autonomen Auto auf dem Markt sein (Bild 1). Die ersten teilautonomen sind bereits als Assistenzsysteme lange verfügbar, oder stehen z.B. als Staupilot in den Startlöchern. Dabei ist Audis zentrales Fahrerassistenzsteuergerät (zFAS) an Bord nur so groß wie ein Tablet-Computer. Über 22 Sensoren am Auto übermitteln Daten an das zFAS, das so ein vollständiges Bild der Fahrzeugumgebung aufbauen kann.

Bis Mitte 2014 hat Artikel 8 des „Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr“ (1968) das autonome Fahren ausgeschlossen. Denn laut der Schrift muss „Jeder Führer (...) dauernd sein Fahrzeug beherrschen oder seine Tiere führen können.“ Das funktioniert natürlich nicht, wenn das Auto selbst fährt oder der Fahrer nebenbei eine Zeitung liest. Ein UN-Expertenausschuss hat deshalb den Regelkatalog angepasst: Zukünftig dürfen auch Computer Fahrzeuge steuern. Das berichtet die „Welt“ unter Berufung auf die Nachrichtenagentur Reuters. Einzige

Bedingung: Das Fahrsystem muss jederzeit vom Fahrer gestoppt werden können. Es muss also ein „Sicherheitsfahrer“ an Bord sein.

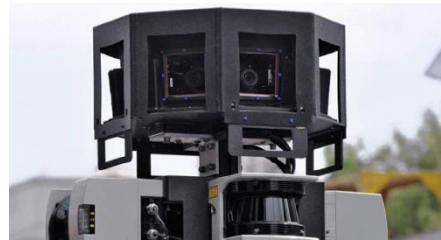


Bild 1: Google als Technologietreiber. (Quelle: Revere Digital LLC und Badische Zeitung)

Die FTS-Branche hatte sich in der Zeit von 1995 bis 2010 einigermaßen sicher gewöhnt und konnte sich weitgehend unbedrängt von außen um ihre Kunden kümmern. [1, 2] In den letzten Jahren hat eine neue Epoche begonnen, in der die FTS-Welt aus den Fugen gerät, weil sich viele neue Spieler um das automatische Fahren bemühen. Gerade die ganz Großen wie Google, Amazon mit Kiva, Kuka oder Grenzbach spielen ungewohnt: sie verfügen über scheinbar grenzenloses Kapital und setzen auf Patente, was in der FTS-Welt unüblich war. Aber nicht nur die ganz großen, sondern auch viele kleine Unternehmen, warten als Newcomer mit interessanten Technologien und Ideen auf. Sie provozieren mit einfacher Technik und niedrigen Preisen.



Bild 2: Die Flurförderzeug-Hersteller sind zurück in der FTS-Welt. von links nach rechts: Jungheinrich, Still, Linde, Crown.

Neu ist auch das Engagement der Flurförderzeug-Hersteller (Bild 2) wie Jungheinrich, Still, Linde, Crown oder Toyota. Sie bringen das Knowhow des Fahrzeugbaus mit und kooperieren mit Automatisierungspartnern aus den Reihen der FTS-Hersteller, um überzeugende Intralogistiklösungen anbieten zu können. Hier ist es nur eine Frage der Zeit, bis weite Teile der Automatisierungsmärkte in Lager und Distribution von den Flurförderherstellern dominiert werden.

## 2. Technologieschübe

Wie wir aus vielen anderen Lebensbereichen wissen, ist auch technologisch vieles in Bewegung. In der Datentechnik, bei den Smartphones und Tablets oder in der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) verkürzen sich die Innovationszyklen rasant.

Das FTS betreffen dabei insbesondere folgende leistungsfähigere/preiswerte Techniken: Neben den Neuerungen im Bereich der Energiespeicherung und -versorgung sind es vor allem die Steuergeräte (Bild 3), die Kommunikation, Datennetze und Sensoren.

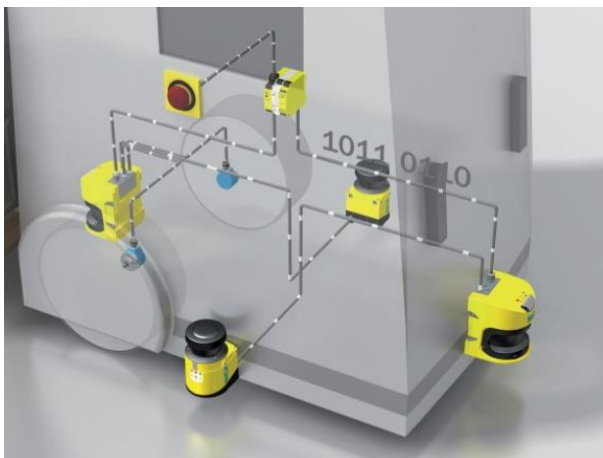


Bild 3: Schwerpunkt Hard- und Software – links: Sicherheits-Kleinsteuerung von Sick; rechts: FTS-App von MLR System.

Die Steuergeräte werden mit Innovationszyklen von ca. 3 Jahren ständig leistungsfähiger und preiswerter. Sie sind letztlich die Basis für alle Weiterentwicklungen, denn diese benötigen schnelle und sichere Plattformen für immer aufwendigere Software auf den Fahrerlosen Fahrzeugen (FTF). Außerdem wollen moderne FTF per Tablet angesteuert werden, was es vor wenigen Jahren auch noch nicht gegeben hat.



Bild 4: Schwerpunkt optische 3D-Sensoren – links: BEA Sensorio; mitte: Bosch Stereo-Videokamera; rechts: PMD TOF Kamera.

Bei den Sensoren stehen die Sensoren im Fokus, die in der Lage sind, 3-dimensional Hindernisse zu erkennen. Bisher waren Fahrerlose Transportfahrzeuge durch den Einsatz der 2D-Laserscanner (gelb) dazu nicht in der Lage. Hier gibt es eine Fülle von Neuentwicklungen. Bild 4 zeigt einige Beispiele von unterschiedlichen optischen Lösungen.

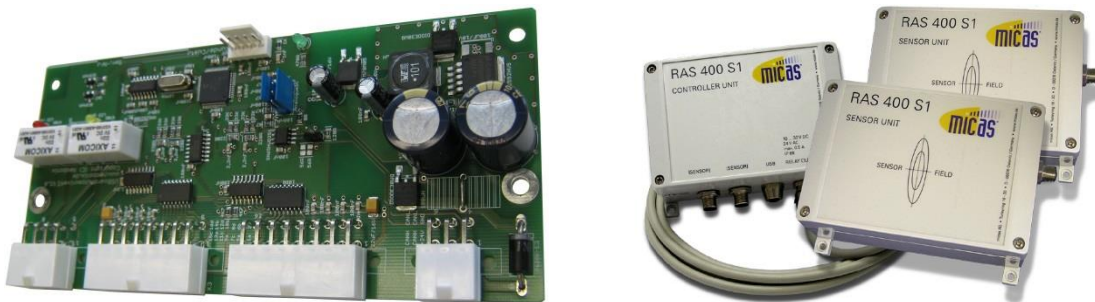


Bild 5: Schwerpunkt weitere 3D-Sensoren – links: Neobotics Ultraschall-Board; rechts: Micas Radarsensoren.

Neben den optischen Sensoren gibt es interessante neue Produkte bei den Ultraschall-Sensoren und den Radarsensoren (Bild 5). Alle hier genannten 3D-Sensoren sind bisher übrigens nicht in der Lage, den nach EN 1525 geforderten Personenschutz zu gewährleisten. Das bedeutet, dass diese Sensoren nur zusätzlich – im Sinne einer Sensorfusion – zum vorhandenen sicheren (gelben) Personenschutzsystem verwendet werden dürfen.

Auf eine sehr konkrete Weiterentwicklung bei den modernen FTS soll hier noch eingegangen werden, nämlich die Navigation mittels Umgebungsmerkmalen. Hier wird der bis heute obligatorische gelbe 2D-Laserscanner nicht nur zum Personenschutz verwendet, sondern man nutzt seine Daten auch zur Navigation. Dabei kann man (weitgehend) auf stationäre Marken verzichten, die sonst in Form von Linien auf dem Boden, Magnete im Boden oder Laser-Reflek-

toren an den Wänden und Säulen üblich waren. Viele FTS-Hersteller bieten heute diese Technologie an, z.B. Adept Technology GmbH (Dortmund), BlueBotics SA (CH-Lausanne), EK Automation GmbH (Rosengarten), MetraLabs GmbH (Ilmenau), MLR System GmbH (Ludwigsburg), MT Robot AG (CH-Zwingen) und Swisslog HCS (Westerstede).

### 3. Das autonome FTS in neuen Anwendungen

Bild 6 fasst die Umfänge der Teilautonomie in verschiedenen FTS- und STS-Epochen zusammen. Unter Position 1 sind die klassischen FTS gemeint, die sich zwischen ca. 1995 bis 2010 zum Standard entwickelt haben. Zukünftig wird das klassische FTS mit einer 3D-Hinderniserkennung ausgestattet sein (Pos. 2 in Bild 6), was einen enormen Sicherheits- und Informationsgewinn bedeuten wird. Letztlich werden damit erst die wesentlichen bereits 2008 veröffentlichten Forderungen bezüglich der Integration von Navigation und Sicherheit ([DRIVESAFE](#)) erfüllt [4].

Pos	Bezeichnung	Beschreibung	DriveSafe	Bosch Sensorfusion
1	FTS der 3. Epoche	Indoor, eingewiesenes Personal, eindeutiges Wegenetz, ausreichend genaue Karte	Positionsbestimmung Spurführung gelber 2D-Laserscanner	
2	FTS der 4. Epoche	wie 1	Positionsbestimmung Spurführung gelber 3D-Safety-Sensor im Austausch anstatt des 2D-Laserscanners, oder aber zumindest zusätzliche, nicht-gelbe 3D-Sensoren.	
3	STS der 4. Epoche	Indoor, nicht eingewiesenes Personal, eindeutiges Wegenetz	Sensorik: mehrere <b>fusionierte Sensorsysteme</b> . Positionsbestimmung, Spurführung. Aber auch lernende Karte (SLAM) und Umfelderkennung. Zur <b>Umfeldererkennung</b> gehören die Selbsterkennung, das Erkennen von Personen und Bewegungen rund rum sowie car-2-x.	
4	STS der 5. Epoche	Autonomes Fahrzeug, kann intelligent agieren.	Zusätzlich zu 3.: selbständiges Agieren, Ausführen von Fahrstrategien und Aufgaben. Das fusionierte Sensorsystem muss <b>interpretierte Szenarien</b> liefern: Menschen, Gegenstände und deren Eigenschaften werden erkannt. Außerdem die Absichten und eigenen Möglichkeiten.	
5	Autonome Roboter	Agieren in unbekannter Umgebung, indoor und outdoor	wie 4., wetterfest, zusätzlich möglich: fernsteuerbar.	







Bild 6: Autonomie-Inhalte in den FTS-Epochen (3).

In diesen neuen Zeiten findet das FTS nicht nur in den klassischen Anwendungen in Produktion, Lager, Logistik seine Bestimmung, sondern zieht mit der Servicerobotik in neue Bereiche

ein [3]. Zusammen mit der Servicerobotik entsteht aus dem FTS das STS – das Service- und Transportsystem. Beim STS steht der automatische Transport nicht mehr im Vordergrund, sondern Servicefunktionen, wie z.B. die Führung von Besuchern, das Reinigen oder die Handhabung.

Aus der FTS-Welt profitiert das neue Produkt von Maschinenbaukenntnissen. Es kann sich bewegen und Material tragen. Die Serviceroboter-Gene sorgen für das intelligente MEHR in den Bereichen Objekterkennung, Navigation und Sicherheit. Bild 7 zeigt zwei aktuelle Beispiele, nämlich einen Reinigungsroboter und einen Handling-Automaten für Waver.

In Bild 6 ist es die Position 3, wo die teilautonomen Inhalte deutlich stärker werden: Diese Systeme müssen über die Sensorfusion die Umfelderkennung beherrschen, um sich auch in öffentlichen Bereichen, also Bereiche, in denen nicht nur eingewiesenes Personal unterwegs ist, zurecht zu finden. Zu einer noch relativ einfachen Aufgabenstellung der Umfelderkennung gehört es, die eigene Lastsituation zu erkennen, was bis heute durchaus anspruchsvoll ist.



Bild 7: Das neue Service- und Transportsystem STS. Links: Bluebotics Reinigungsroboter; rechts: Metralabs Waver-Handling.

In der nächsten Epochen (nämlich der 5., Pos. 4) werden diese STS dann mit einem großen Software-Aufwand in der Lage sein, Umgebungs-Szenarien zu erkennen und zu interpretieren. Im Bild sind einfache Beispiele skizziert, die aber deutlich machen, welche anspruchsvollen Leistungen im menschlichen Gehirn scheinbar selbstverständlich ablaufen:

Beim ersten Beispiel handelt es sich um einen Tisch mit vier Stühlen. Hier wird die Brisanz erst deutlich, wenn man sich überlegt, was ein klassisches FTS mit einem 2D-Laserscanner von diesem Szenario „sieht“. Das zweite Beispiel ist eigentlich der Anwendung des autonomen Autos entnommen, ist aber sicher auf den STS-Einsatz im öffentlichen Bereich übertragbar: Die Erkennung von Fußgängern mag ja noch relativ einfach gelingen – das Erkennen von „Fußgängern“ mit besonderen Befugnissen (im Bild: Polizist) ist sicher anspruchsvoll.

Position 5 in Bild 6 geht es um den „echten“ autonomen Roboter, der in unbekannter Umgebung agieren kann, und zwar indoor und outdoor. Der muss dann natürlich noch wetterfest sein (auch seine Sensorik).

#### **4. Auswirkungen auf Produktion und Intralogistik**

Wir erleben zurzeit einen erneuten Automatisierungs-Hype. Die Perzeption der Öffentlichkeit bezüglich einer machbaren Automatisierung verändert sich spürbar! Im Zuge der Smartphones und der Fahrerassistenzsysteme im Auto glauben wir daran, dass alles auch automatisch geht und bezweifeln oder belächeln kaum noch neue Ankündigungen oder Herstellerversprechen. Dieses neue Denken bringen die Menschen aus den Privatbereichen mit ins Unternehmen und treiben die nächsten Automatisierungsstufen in Produktion und Logistik voran.

Ein Beispiel aus dem Fahrzeugbau (Automobilindustrie) soll zeigen, wie die oben aufgeführten Neuerungen im Bereich der 3D-Sensorik und der Steuerungstechnik (Hard- und Software) zu neuem Denken führen. Denken wir an den Robotereinsatz im Fahrzeugbau, dann war es bisher eine Frage von JA oder NEIN, also von 0 oder 100 %-Automatisierung. War ein Prozessschritt automatisierbar (also JA bzw. 100 %), wurde der Bereich eingezäunt und ein Roboter übernahm die Aufgabe. Mitarbeiter durften in diesen abgesperrten Bereich nicht hinein. War die Antwort auf die Frage der Automatisierbarkeit eines Prozessschrittes NEIN, dann übernahmen Mitarbeiter diese Aufgabe manuell – natürlich ohne Zaun.

Wenn nun mit geeigneten Sensoren ein 3D-Hinderniserkennungssystem zur Verfügung steht, dann ist ein kollaborierender Betrieb von Mensch und Roboter möglich. Dann sind Arbeitsschritte, die teilweise (also nicht klar JA oder NEIN bzw. 0 oder 100 %) automatisierbar sind, mit einer engen Mensch-Roboter-Interaktion zu erledigen. Und zwar ohne Sicherheits-Zäune!

Das ermöglicht völlig neue Infrastrukturen und wird dann richtig intelligent, wenn man sich die Roboter mobil vorstellt – wobei die Brücke zum FTS oder STS geschlagen wäre.

Doch verbleiben wir in der Intralogistik, also dort, wo das klassische FTS herkam und für viele auch noch hingehört. Die neuen technischen Möglichkeiten und die veränderte Perzeption der Menschen hinsichtlich der Automatisierung führen zu einem Umdenken bei den Logistikern in unseren Unternehmen, und zwar nicht nur in den großen, sondern auch im Mittelstand. Es fällt den Verantwortlichen heute wesentlich leichter als noch vor ein paar Jahren, das FTS als Organisationsmittel zu begreifen. Man sieht die klassischen Vorteile des FTS heute klarer als früher:

- Nachverfolgbarkeit der Prozesse im Sinne des Kunden
- Qualität der Transporte, Schonung des Transportguts
- Ordnung und Sauberkeit, Ruhe und Verlässlichkeit
- keine Beschädigungen an Gebäuden und Einrichtungen

Logistikleiter fragen sich heute, wie man solch wichtige Prozesse wie die Intralogistik in die Hände von manuellen Staplerflotten legen konnte! Bildlich gesprochen gehört ein manueller Stapler wie ein Schraubendreher in jede Werkzeugkiste, sollte aber nicht im Mittelpunkt der Intralogistik stehen! Die Vision der „staplerfreien Fabrik“ ist heute machbar!

## **5. Praxisbeispiele**

Anhand von vier Praxisbeispielen soll gezeigt werden, wo die FTS-Branche zurzeit steht. Die Beispiele machen deutlich, dass der Weg zu mehr DriveSafe und zu mehr Autonomie der Fahrzeuge in kleinen Schritten gegangen wird. Sie zeigen auch, dass die Hersteller die unterschiedlichsten Wege wählen. Ein großes Hindernis liegt in der Tatsache begründet, dass die Stückzahlen in der FTS-Branche nicht mit denen in der Automobilindustrie mithalten können. So werden Entwicklungen der Automobil-Zulieferer nur selten für die FTS-Bedürfnisse angepasst, so dass technische Neuerungen den FTS-Entwicklern erst mit großer Verspätung zur Verfügung stehen.

Das erste Beispiel ist das älteste, nämlich das Siemens ANS (Bild 8). Der Personenschutz wird klassisch durch einen gelben 2D-Laserscanner realisiert, der bodennah angebracht ist. Zur Navigation wird die Deckenstruktur der Halle mit einem zusätzlichen, nicht gelben 2D-



Laserscanner erfasst, der mechanisch geschwenkt wird. Die 3D-Hinderniserkennung geschieht ebenfalls mit diesem Scanner.



Bild 8: Innovationsbeispiel 1 – Das Siemens ANS



Bild 9: Innovationsbeispiel 2 – Der UNITR des Schweizer Unternehmens MT Robot

Bild 9 zeigt das zweite Beispiel. Das junge Unternehmen MT Robot hat eine erweiterte Sicherheit des Systems realisiert, nämlich eine 3D-Hinderniserkennung und Absturzsicherung durch

viele US-Sensoren, mit eigener Baumusterprüfung (Bild 9). Die Navigation und der Personenschutz gelingen durch den gelben 2D-Laserscanner. Bei der Navigation handelt es sich um eine Navigation mittels Umgebungsmerkmalen; sie kommt also ohne künstlich Marken aus.

Auch bei der Lösung der Firma Seegrid aus dem amerikanischen Pittsburgh wird der Personenschutz mit dem gelben 2D-Laserscanner realisiert; dieser ist – wie immer – bodeneben verbaut (Bild 10).



Bild 10: Innovationsbeispiel 3 – Hightech in einer Sensorglocke bei Seegrid, Pittsburgh

Oben am Fahrzeug ist zusätzlich eine „Sensorglocke“ angebracht, in der die eigentlichen Innovationen sitzen. Diese haben ihren Ursprung letztlich in der Forschung, nämlich von den Firmengründern (2003), die am Robotics Institute der Carnegie Mellon University geforscht haben. Die Navigation erfolgt durch 5 Stereo-Kamera-Paare (nach links, rechts, vorne und hinten sowie nach oben). Die additional 3D-Hinderniserkennung übernimmt ein fixes Spiegel-Laser-System, mit dem der Fahrbereich vorne sowie die seitlichen Bereiche des Fahrzeuges abgesichert werden. Die technische Basis dazu ist ein nicht-gelber 2D-Laserscanner.

Von MLR System stammt das vierte Innovationsbeispiel (Bild 11). Hier geht es um ein Schwerlast-FTF, das im Innen- und Außenbereich eingesetzt wird. Dieses Fahrzeug wird zum Transport von Bauteilen verwendet, die bis 80 t schwer sein können.



Bild 11: Innovationsbeispiel 4 – Schwerlast-FTF des Herstellers MLR System, Ludwigsburg

Als einziges Beispiel verfügt dieses Fahrzeug nicht über den sonst obligatorischen gelben 2D-Laserscanner, sondern überlässt den Personenschutz nach EN 1525 den Softschaum-Bumpers, Denn die Fahrgeschwindigkeit ist mit 0,8 m/s relativ gering und die Antriebe / Bremsen sind dagegen so stark dimensioniert, dass der relativ kurze Bumper für einen Notstopp ausreicht. Allerdings setzen die Ludwigsburger zusätzlich – und das ist sicher innovativ – Micas-Radarsensoren zur 3D-Hinderniserkennung ein, die sowohl drinnen wie draußen funktionieren. Zur Navigation sind Dauermagnete im Boden eingelassen; hier wird also die klassische Magnetnavigation verwendet.

## 6. Zusammenfassung

1. Es ist Bewegung in den FTS-Märkten.
  - Es gibt viele neue kleine Anbieter.
  - Einige ganz Große spielen mit – aber anders.
  - Die Staplerhersteller sind wieder mit dabei.
2. Technische Neuerungen und rasante Weiterentwicklungen
  - Steuerungen (Hard- und Software)
  - Optische 3D-Sensorik
  - Ultraschall- und Radarsensoren
  - Navigation mittels Umgebungsmerkmalen
3. Das FTS und STS wird schrittweise autonom.
4. Das STS kombiniert das FTS mit der Servicerobotik.
5. Intralogistik: Die Vision einer staplerfreien Fabrik ist machbar.
6. Das FTS wird als Organisationsmittel verstanden.
7. Praxisbeispiele belegen die Innovationsstärke der Branche.

## 7. Literaturangaben

- [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). [www.fts-fibel.de](http://www.fts-fibel.de)
- [2] Ullrich, G.: Automated Guided Vehicle Systems. A Primer with Practical Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015. ISBN 978-3-662-44813-7, ISBN 978-3-662-44814-4 (eBook).
- [3] Ullrich, G.: Innovationen bei Fahrerlosen Transportsystemen der 4. Epoche. Fachvortrag auf der FTS-Fachtagung am 24. September 2014 am Fraunhofer IML, Dortmund.
- [4] Ullrich, G.: Drive Safe – Sicher navigieren mit automatischen Fahrzeugen. 17. Deutscher Materialfluss-Kongress 2008, VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, VDI-Berichte 2008, S. 197 – 205. ISBN 978-3-18-092008-5.
- [5] Infos zum Autor: [www.guenter-ullrich.de](http://www.guenter-ullrich.de)