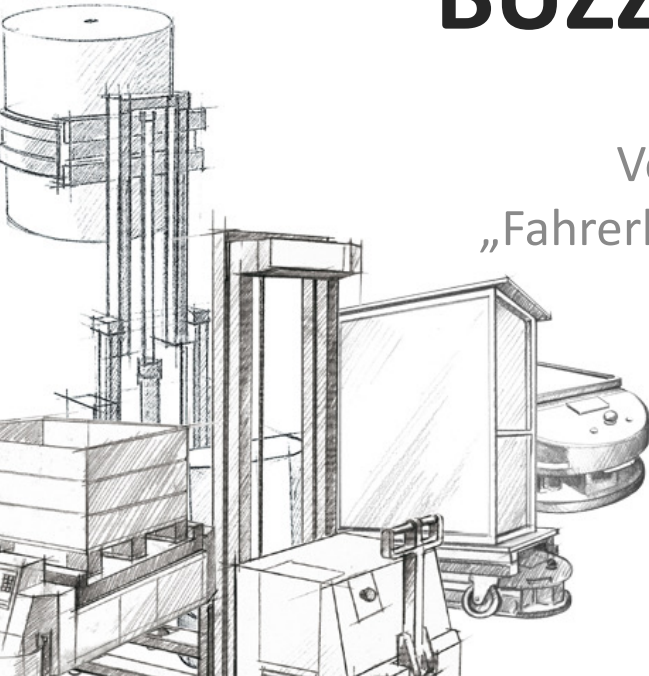




*für erfolgreiche FTS-Projekte!*

# BUZZWORD »AUTONOM«

Vortrag während des IPA-Technologieforums  
„Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter“



**Dr.-Ing. Günter Ullrich**

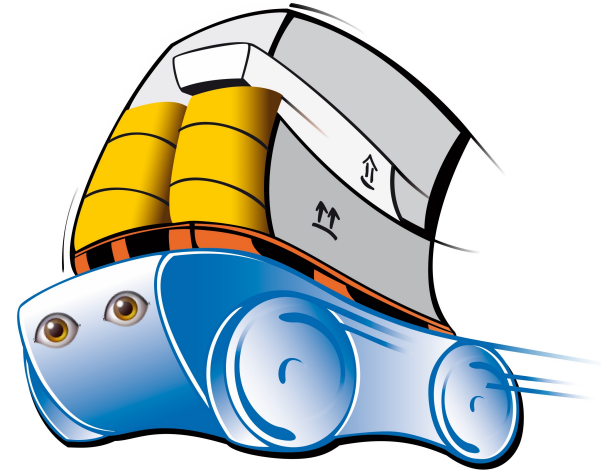
- Leiter des VDI Fachausschusses „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“
- Leiter des Forum-FTS

Fraunhofer IPA, Stuttgart am 22. September 2021

# Buzzword »Autonom«

## Inhalt

1. Manchmal nervt's einfach
2. Die Rolle des VDI FA FTS und des Forum-FTS
3. Autonomie in der Intralogistik
4. Autonomie-Funktionen und Index
5. Bedarf und Autonomie-Relevanz
6. Zusammenfassung



# 1. Was mich nervt...

- Da ein allgemein anerkanntes Verständnis der Begriffe automatisiert, voll-automatisiert, autonom, hoch-autonom sowie intelligent im Bereich der Intralogistik nicht vorhanden ist, kommt es zu einer Vielzahl von schwer miteinander vergleichbaren Angeboten und in deren Folge zu Missverständnissen und enttäuschten Erwartungen bei den Anwendern.
- Der Begriff „autonom“ wird inflationär verwendet; Marketing-Abteilungen kommen gar nicht mehr ohne ihn aus.
- Oft wird „autonom“ eigenwillig definiert, und steht auf vielen Hersteller-Webseiten als Synonym für selbst-fahrend, fahrerlos und vollautomatisch.
- Durch Verwendung des Begriffes „autonom“ wird versucht, neuen Produkten einen höheren Wert und mehr Anwendernutzen zuzuschreiben. Die Marketing-Abteilungen können nicht mehr ohne den Begriff!
- Teilweise wird behauptet und suggeriert, das FTS hätte ausgedient und das AMR die Macht übernommen: FTS steht für altmodisch und langweilig, AMR dagegen sind hip, cool und modern..

# 1. Was mich nervt...

## Flexible Lösung für autonomes Lagern |

Industrie 4.0. Die intelligenten, autonom navigierenden Fahrerlosen Transportsysteme von  
wenn diese vollständig autonom, sicher und fehlerfrei funktioniert, kann die Anlage

Autonome Routenplanung  
Funktionsweise autonome Navigation

Das Fahrerlose Transportsystem (FTS): Autonom im  
Werk unterwegs

vollständig autonome Roboter, die Artikel in  
Produktions-, Lager- und Distributionszentren bewegen

Autonomes Fahren, das war schon im Raketenzeitalter das große Ziel. Während sich autonome Fahrzeuge im Straßenverkehr noch nicht durchgesetzt haben, ist die Industrie weiter. Stichwort FTS (fahrerlose Transportsysteme).

Alternatives Linienführungssystem für  
autonome, fahrerlose Transportsysteme

industriellen Fertigung hin zu dezentralen flexiblen Strukturen mit autonomen, sich  
selbst-steuern den Einheiten. Automatisierte und vernetzte Intralogistiklösungen,

„Die autonomen Transporteinheiten erlauben mehr Flexibilität

vollautonom durch Ihre Lager- und Produktionshallen bewegen.

Autonome, fahrerlose Transportsysteme (FTS) oder auch  
„Automated Guided Vehicles“ (AGV) gelten heute als die

**Zuverlässiger autonomer  
Transport**

automatisierten Fahrzeugen, die autonom  
und hoch verfügbar unterwegs sind. Starre

aus FTS-Fibel

Die Industrie geht davon aus, dass autonome Transportroboter das vorherrschende Transportmittel in den intelligenten Fabriken der Industrie 4.0

# 1. Was mich nervt...

1. Da ein allgemein anerkanntes Verständnis der Begriffe automatisiert, voll-automatisiert, autonom, hoch-autonom sowie intelligent im Bereich der Informatik nicht vorhanden ist, kommt es zu einer Vielzahl von schwer miteinander vergleichbaren Aussagen. Infolgedessen entstehen und enttäuschten Erwartungen bei den Anwendern.

**Es nervt mich deshalb, weil die Bedeutung des Marketings**

**– insbesondere des**

**Trump'schen Marketings – wichtiger wird**

**als das ingenieurmäßige, fachlich-korrekte Denken.**

2. Der Begriff „autonom“ wird inflationär verwendet; Marketing-Abteilungen kommen gar nicht mehr ohne ihn aus.

3. Oft wird „autonom“ eigenwillig definiert, und steht auf vielen Hersteller-Webseiten als Synonym für selbst-fahrend, fahrerlos und vollautomatisch.

4. Durch Verwendung des Begriffes autonom wird versucht, neuen Produkten einen höheren Wert und Anwendernutzen zuzuschreiben.

5. Teilweise wird behauptet und suggeriert, das FTS hätte ausgedient und das AMR die Macht übernommen. FTS steht für gestern, AMR bedeutet Zukunft.

**Fußnote: Das Trump'sche Marketing steht für alternative Fakten, wertet also die Wahrheit zu einem von vielen Kriterien ab.**

## 2.1 Die Rolle des VDI FA FTS



Der VDI FA FTS erarbeitet (u.a.) einen Leitfaden zur Autonomie.

Akteure: 

- Waldemar Osterhoff, Forum-FTS
- Thomas Albrecht, FhG-IML, Dortmund
- Kai Pfeiffer, FhG-IPA, Stuttgart
- Andreas Trenkle, KIT, Karlsruhe
- Jochen Luz, MLR System, Ludwigsburg
- Karl Rapp, DS Automotion, Linz
- Günter Ullrich, Forum-FTS

### ***Der VDI-Fachausschuss FTS versteht sich...***

*als ein Kompetenz-Netzwerk, das sich mit Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) und mobilen Robotern (MR) beschäftigt.*

*Es dient als neutrale Informationsquelle und wendet sich an Ratsuchende, die mit den Themenbereichen Technik, Planung und Sicherheit und/oder dem Betrieb von FTS/MR zu tun haben.*

*Ein besonderer Schwerpunkt unserer Arbeit gilt dem Betreiber, da dieser ein hohes Maß an Verantwortung beim Betrieb solcher automatischen Anlagen trägt.*

## 2.2 Die Rolle des Forum-FTS

- Seit 2006 arbeitet das Forum-FTS als Interessensvertretung der FTS-Branche
- Wir planen und beraten.
- Wir sehen uns als der verlängerte Arm des VDI FA getreu unserem Motto:

*für erfolgreiche FTS-Projekte!*



# 3. Autonomie in der Intralogistik

## 3.1 Begriffswelt FTS / MR

- Der Begriff „**Fahrerloses Transportsystem**“ (FTS, engl. AGV System) wird seit mehr als sechzig Jahren verwendet und beschreibt ein Logistiksystem, mit dem eine konkrete Logistikaufgabe – beispielsweise Transporte zur Verknüpfung von Quellen und Senken, Montagelinien für Serienprodukte oder eine Aufgabenstellung in Lager und Kommissionierung – mittels einer Flotte automatischer Flurförderzeuge (FTF) erledigt wird.
- Seit einigen Jahren gibt es Bestrebungen, anders als beim klassischen FTS, das im Rahmen eines Systemgeschäfts beschafft und als Projekt realisiert wird, den Fokus auf die Fahrzeuge zu legen und lediglich diese zu beschaffen (Produktgeschäft). Diese Fahrzeuge werden häufig nicht als FTF, sondern als **Mobiler Roboter** (MR), Autonomer Mobiler Roboter (AMR), oder schlicht „robot“ bezeichnet. Daneben gibt es zahlreiche weitere Bezeichnungen, die häufig auch Produktnamen einzelner Hersteller sind.  
Im Vordergrund steht also der mobile Roboter, der „einfach“ in eine bestehende Industrieumgebung integriert werden und nach kurzer Inbetriebnahmezeit einfache Dienstleistungen (wie Transporte, Handhaben, Reinigen, Information) übernehmen kann.



# 3. Autonomie in der Intralogistik

## 3.2 Der Begriff „autonom“ - Basics

- Als Autonomie bezeichnet man in nicht-technischen Bereichen einen Zustand der Selbstbestimmung, Unabhängigkeit, Selbstverwaltung oder Entscheidungs- bzw. Handlungsfreiheit. Eine direkte Übertragbarkeit des Begriffs in die Welt der Technik ist schwierig und bietet daher viel Raum für Interpretationen.
  - Beim Begriff des autonomen Pkw handelt es sich bei genauem Hinsehen um eine sprachliche Ungenauigkeit, denn die zuständige Norm SAE J3016 , die auch die Grundlage für das jüngst vom Bundestag verabschiedete Gesetz zum automatischen Fahren bildet, kennt den Begriff „autonom“ gar nicht. Das Level 5 wird in der Norm als „Full Automation“ („Vollautomatisierung“) und nur umgangssprachlich im deutschsprachigen Raum auch als autonomes Fahren bezeichnet.
  - Die pauschale Aussage, jedes FTF / jeder MR ist ein autonomes Fahrzeug, ist nicht korrekt, kann einen falschen Eindruck erwecken und verleitet zu falschen Annahmen – und dennoch erfolgt genau dies in der jüngeren Vergangenheit immer häufiger. Auf vielen Hersteller-Webseiten wird der Begriff „autonom“ als Synonym für selbst-fahrend, fahrerlos und vollautomatisch verwendet.

# 3. Autonomie in der Intralogistik

## 3.3 Der Begriff „autonom“ - details

- Wenn alles im Vorfeld genau durchgedacht ist, auch wenn es noch so kompliziert ist, und wir dem System die durchdachten kausalen Zusammenhänge einprogrammieren, dann reden wir von automatisiert. Wenn wir die kausalen Zusammenhänge aber gar nicht richtig erfassen und dem System mit KI-Ansätzen nur indirekt sagen, wie es sich in einer bestimmten Situation verhalten soll, dann reden wir von autonom. (Dr. Rasmus Adler, Fraunhofer IESE, Kaiserslautern)

Ein autonomes System kann also überraschen.

- Autonome Systeme handeln selbstständig, lernen, lösen komplexe Aufgaben und können auf unvorhersehbare Ereignisse reagieren. Künstliche Intelligenz liefert die Schlüsseltechnologien in den Bereichen Maschinelles Lernen, Cyber-Sicherheit und agiler IT-Infrastrukturen, die für die Weiterentwicklung und den Einsatz autonomer Systeme maßgeblich sind. (DFKI)
- Generalisiert man die Grundstrukturen autonomer Systeme, ergeben sich die Elemente Zielerkennung, selbstständige Umfelderkennung, selbstständig generierter Handlungsplan, Resilienz und Failsafe-Strategien. (Katharina Giese, Fraunhofer IOSB-INA)

# 4. Autonomie-Funktionen und Index

## 4.1 Unser Ansatz

- Technische Autonomie ist skalierbar.
- Wir gehen im Folgendem nicht von einem Entweder/Oder – AGV oder AMR – aus, sondern betrachten autonome Funktionen eines Systems mit automatischen Fahrzeug-Lösungen. Wir sprechen also von Lösungen mit mehr oder weniger vielen autonomen Funktionen zum Fahren, zur Sicherheit und zum Lasthandling. Die Funktionen können als Software lokal im Fahrzeug, in einer zentralen Leitsteuerung, in einer externen Cloud oder einer geeigneten Kombination realisiert werden.
- Wie unterscheidet man automatische von autonomen Funktionen? Autonome Funktionen sind komplex. In der Regel handelt es sich dabei um situatives Reagieren auf sich verändernde Umgebungs-/Rahmenbedingungen und Systemzustände, welche mittels mehrdimensionaler Sensorinformationen erfasst und ausgewertet werden. Probate Mittel hierfür sind Verfahren der künstlichen Intelligenz, z.B. „Machine Learning“. Vorstellbar ist aber auch, dass in aufwendiger Hochsprachenprogrammierung vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.
- Bestandteile einer autonomen Funktion:  
Fusionierte 3D-Sensorsysteme, Klassifizierung, modellbasiertes und ziel-motiviertes Agieren.

# 4. Autonomie-Funktionen und Index

## 4.2 Automatische Funktionen

1. Fahren auf bzw. Spurführung mittels kontinuierlich vorhandener, physischer Spur
2. Automatisches Energie-Management, d. h. ohne manuelle Eingriffe
3. Automatisches Lasthandling
4. Geführtes Kartieren der Einsatzumgebung bei Inbetriebnahme und Erweiterungen/Änderungen
5. Lageerfassung mit peripheren Einrichtungen (im Lieferumfang des Lieferanten)
6. Situationsbedingte dynamische Verteilung der Transportaufträge
7. Selbstdiagnose für eine vorbeugende Wartung
8. Reagieren auf besondere Betriebszustände

# 4. Autonomie-Funktionen und Index

## 4.3 Autonome Funktionen

1. Selbständige, dynamische Aktualisierung der Modellierung der Einsatzumgebung im laufenden Betrieb
2. Fahren auf freigegebenen Flächen ohne vorgegebene physische oder virtuelle Spuren
3. Umfahren von Hindernissen
4. Situationsbedingtes Umfahren von Hindernissen mit 3D-Sensorik / Sensorfusion
5. Agieren auf Basis von Objekterkennung und Klassifizierung
6. Lasthandling (inkl. Positionierung) auf Basis von Objekterkennung und Klassifizierung
7. Situationsbedingtes Umplanen von Routen durch das System (Dynamic Routing)
8. Situationsbedingte Verkehrsregelung
9. Verkehrsregelung unter Berücksichtigung des Mischbetriebs
10. Selbständiges Erkennen und Reagieren auf Fahrzeugzustandsdaten ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebes
11. Schwarmverhalten / Schwarmintelligenz

# 4. Autonomie-Funktionen und Index

## 4.3 Excel-Tool im praktikablen VDI-Leitfaden

VDI Fachausschuss FA 309  
Fahrerlose Transportsysteme (FTS)

Autonomie- und  
Autonomie-Relevanz-Index

Entwurf. Stand: 08.09.21

Pos.	Bezeichnung der autonomen Funktion	Funktion (laut Anbieter)		Funktion (in Anwendung/Usecase)			Erfüllungsgrad (für Anwendung)	Bemerkungen (Relevanz der autonomen Funktion für den Usecase unter Berücksichtigung der Stärken und Schwächen)
		vorhanden	nicht vorhanden	erwünscht	egal (nicht relevant)	unerwünscht		
1	Selbstständige, dynamische Aktualisierung der Modellierung der Einsatzumgebung im laufenden Betrieb	x		x			1	
2	Fahren auf freigegebenen Flächen ohne vorgegebene physische oder virtuelle Spuren	x			x		0	
3	Umfahren von Hindernissen	x				x	0	
4	Situationsbedingtes Umfahren von Hindernissen mit 3D-Sensorik / Sensorfusion	x		x			1	
5	Agieren auf Basis von Objekterkennung und Klassifizierung			x			0	
6	Lasthandling (inkl. Positionierung) auf Basis von Objekterkennung und Klassifizierung				x		0	
7	Situationsbedingtes Umplanen von Routen durch das System (Dynamic Routing)					x	0	
8	Situationsbedingte Verkehrsregelung		x	x			0	
9	Verkehrsregelung unter Berücksichtigung des Mischbetriebs		x		x		0	
10	Selbstständiges Erkennen und Reagieren auf Fahrzeug-zustandsdaten ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebes		x			x	1	
11	Schwarmverhalten / Schwarmintelligenz		x				0	
8	<b>Autonomiefunktionen</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
		<b>36%</b>					<b>38%</b>	
		Autonomie-Index		Bemerkung: Alx bezogen auf alle Autonomiefunktionen, AEIx bezogen auf die relevanten Autonomiefunktionen			Anforderungs- Erfüllungs-Index	
		Alx					AEIx	

### Inhalt

1. Autonome Funktionen mit Bezeichnung und Erklärung
2. Prüfung ob vorhanden  
=> Autonomie-Index **Alx**
3. Usecase-Check
4. Bewertung zum  
=> Anforderungs-  
Erfüllungs-Index **AEIx**

# 5. Bedarf und Autonomie-Relevanz

## 5.1 Klassische Einsatzgebiete - Definition

- Ein klassisches FTS versteht sich als Organisationsmittel und Garant für einen zuverlässigen, sicheren Materialtransport mit höchster Leistung, Verfügbarkeit und Qualität. Die Peripherie und alle im Umfeld ablaufenden Logistik- und Produktionsprozesse sind sorgfältig aufeinander abgestimmt.
- Typische Anwendungen sind: durchgeplante, komplexe Logistikprozesse in Unternehmen, in denen mittels Serien- / Massenfertigung produziert sowie höchste Leistung und Effizienz in Lager und Kommissionierung gefordert wird.
- Typische Beispiele sind: Automobilfertigung, Automobilzulieferbetriebe, Logistikzentren, Serienfertiger der weißen und braunen Ware, Lebensmittelindustrie, Warenströme in Krankenhäusern (Essen, Medikamente, Wäsche, Abfall etc., abseits der Bettenstationen).

# 5. Bedarf und Autonomie-Relevanz

## 5.2 Klassische Einsatzgebiete – Gegen Autonomie

- Autonomes Verhalten vs. Organisationsmittel (FTS fordert und garantiert!)
- Autonomes Verhalten vs. Leistung und Verfügbarkeit bzw. Vorhersagbarkeit
- Wirtschaftlichkeit begrenzt die Möglichkeiten.
- Beispiel „Umfahren von Hindernissen“ in YouTube-Videos:
  1. Umfahren einer Mitarbeiterin mit Block und Stift
  2. Umfahren einer Gruppe von Mitarbeitern im Gespräch
  3. Umfahren einer Palette oder Gitterbox auf dem Weg





## 5. Bedarf und Autonomie-Relevanz

### 5.3 Zukunftsvisionen – to be discussed

- „AMRs können in meinem Chaos eingesetzt werden, ohne dass ich die Abläufe hinterfragen muss. Das ist mein einfacher Einstieg in Industrie 4.0!“
- Einsatz von Hochtechnologie sinnvoll, um Unzulänglichkeiten zu kompensieren?
- Konzentration auf Datenverarbeitung, ohne die Frage der Sensorik (stationär / mobil) geklärt zu haben.
- Autonome Funktionen auf Basis von 2D-Laserscannern möglich?
- Autonome Funktionen auf einer SPS; bzw. ohne KI möglich?
- Ein zusätzlicher 3D-Sensor bedeutet nicht automatisch eine Klassifizierung auf Basis eines fusionierten 3D-Sensorsystems. In vielen Fällen nur separater Maschinenschutz.

# 5. Bedarf und Autonomie-Relevanz

## 5.4 Neue Einsatzgebiete – Für Autonomie

Autonome Funktionen sind insbesondere dann sinnvoll, wenn die Unschärfe der Einsatzbedingungen und der Aufträge zunimmt (aus: FTS-Fibel):

- Wenn es kein definiertes Wegenetz, sondern eine frei zur Verfügung stehende Aktionsfläche gibt.
- Wenn es nicht mehr heißt: „Transportiere von A nach B in vorgegebener Zeit!“, sondern „Suche die Palette XY!“ oder „Putze den Boden!“
- Wenn sich innerhalb des Einsatzgebietes des FTS nicht nur eingewiesenes Personal aufhält, sondern auch Besucher, Kinder, alte und kranke Menschen, also mit unbedachten Aktionen der Menschen zu rechnen ist.
- Wenn der mobile Roboter zusammen mit dem Menschen arbeitet.

Außerdem sinnvoll für: Positions- und Fehlertoleranz (Eugen Vogt, 2019),

**DRIVE SAFE** (Ullrich, 2008) für sichere und fließende Bewegungen

## 6. Zusammenfassung

- Der Schrei nach Autonomie ist zu laut und oft technisch unmotiviert.
- Ein Fahrerloses Fahrzeug bzw. ein mobiler Roboter ist nicht per se autonom. Vielmehr verfügt es über mehr oder weniger viele autonome Funktionen. Das führt zu einem **Autonomie-Index (AIx)**.
- Ein hoher Autonomie-Index ist nur gut, wenn er zu den Anforderungen des Einsatzfalles/Usecases passt. Das führt zum **Anforderungs-Erfüllungs-Index (AEIx)**. Dieser muss hoch sein, dann passt's.
- **Liebe Anwender: Vergesst die Tugenden eines FTS nicht und bringt Eure Abläufe in Ordnung! Fordert autonome Funktionen nur, wenn sie zweckmäßig sind – dann arbeiten wir alle im Sinne erfolgreicher FTS-Projekte – und meine Nerven werden geschont!**

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**MACHEN IST  
WIE WOLLEN...**

**NUR KRASSER.**



VDI Fachausschuss FTS



Forum-FTS

