
SMARTE FTF IN DER FLEXIBLEN PRODUKTIONSLOGISTIK HEUTE UND IM FLEXIBLEN LAGER MORGEN

Technologieforum FTS und mobile Roboter 2017

Thomas Albrecht · Fraunhofer IML

Stuttgart · 20. September 2017



SMARTE FTF IN DER FLEXIBLEN PRODUKTIONSLOGISTIK HEUTE UND IM FLEXIBLEN LAGER MORGEN

Technologieforum FTS und mobile Roboter 2017

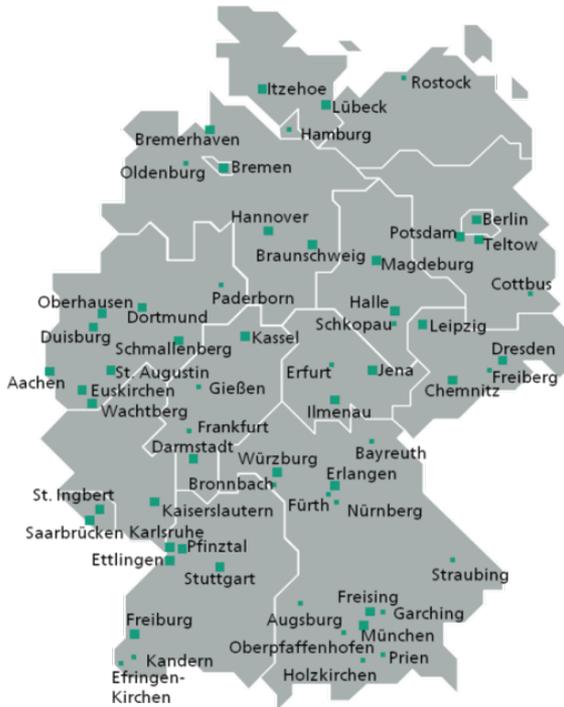
Thomas Albrecht · Fraunhofer IML

Stuttgart · 20. September 2017

Inhalt:

- **Kurze Vorstellung Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer IML**
- **Entwicklung des Smart Transport Robot STR/5 für die BMW Group**
 - **Aufgabenstellung**
 - **Lösungskonzept und Realisierung**
 - **Betriebserfahrungen**
- **Entwicklung der Stack Access Machine – SAM**
 - **Ausgangssituation und Aufgabenstellung**
 - **Lösungskonzept und Realisierung**

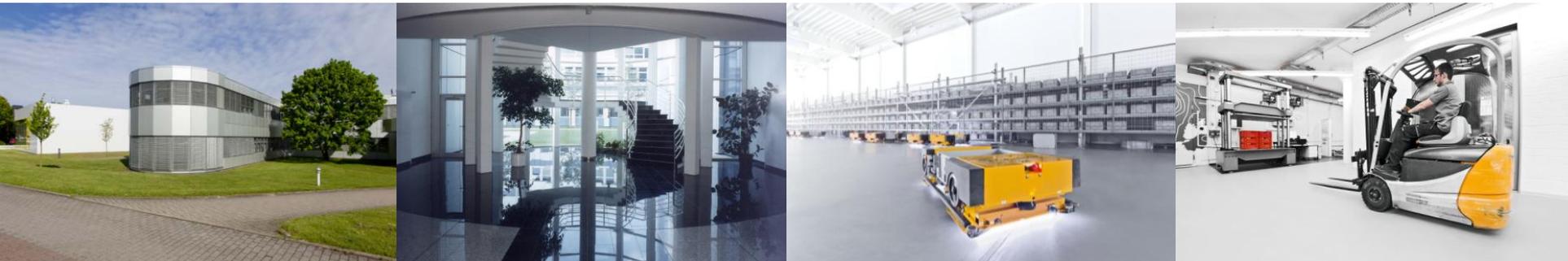
Die Fraunhofer-Gesellschaft, die größte Organisation für angewandte Forschung in Europa



- Non-profit Organisation, neutral und unabhängig
- Mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 66 Institute
- Mehr als 24.000 Mitarbeiter, überwiegend Naturwissenschaftler und Ingenieure
- Über 2 Mrd. Euro Jahresumsatz, davon ca. 1,7 Mrd. EUR im Bereich der Vertragsforschung
 - 2/3 dieses Umsatzes werden erzielt in Industrieprojekten und in öffentlich finanzierten F&E-Projekten
 - 1/3 des Umsatzes stammen als Grundfinanzierung aus den Haushalten des Bundes und der Länder
- Internationale Forschungsk Kooperationen sowie Niederlassungen im europäischen und außereuropäischen Ausland in Regionen mit großer Bedeutung für die gegenwärtige und zukünftige Forschung und Wirtschaftsentwicklung

Das Fraunhofer IML – Daten und Fakten

- Eines von 66 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, gegründet 1981 in Dortmund
- 250 Wissenschaftler u. Wissenschaftlerinnen, >350 Doktoranden und studentische Mitarbeiter/-innen
- Betriebshaushalt ca. 25 Mio. €, davon >40% Industrieerlöse (2016)
- Außenstellen und Projektzentren in Frankfurt am Main (Flughafen), Hamburg, Prien/Chiemsee
- Internat. Forschungsk Kooperationen, z.B. mit HSG St. Gallen, Georgia Tech (Atlanta), Partner-Unis in Lissabon, Shanghai (Tongji), Rio de Janeiro
- Dienstleistungen „rund um die Logistik“ von der Planung bis zur Realisierung: unternehmensspezifische, individuelle Lösungen



Fotos: Fraunhofer IML

FTF-Kompetenz am Fraunhofer IML



- Systematische Planung von Fahrerlosen Transportsystemen
- Erstellung von Lastenheften und Ausschreibungsunterlagen, Durchführung der Ausschreibung, Realisierungsbegleitung
- Technologieberatung für Fahrzeughersteller
- Konzeption, Design und Fertigung von (Sonder-)FTF
- Risikobeurteilung, Gefährdungsanalyse, Erstellung von Sicherheitskonzepten; Realisierung mittels Software für Sicherheits-Steuerung
- eigene Softwarelösungen für Leitsteuerung (openTCS®), Fahrzeugsteuerung und Fahrzeugnavigation; patentiertes Verfahren für Lasernavigation
- Gremienarbeit: VDI-Fachausschuss 309 – FTS; Ausrichtung der FTS-Fachtagung (➔ 26.09.2018)

Fotos: Fraunhofer IML

Ausgangssituation und Projektpartner

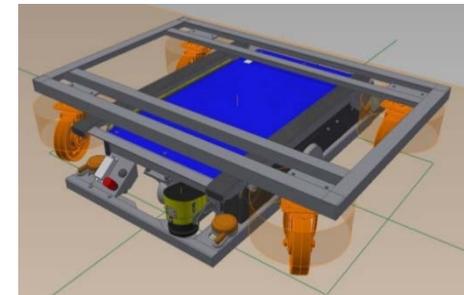
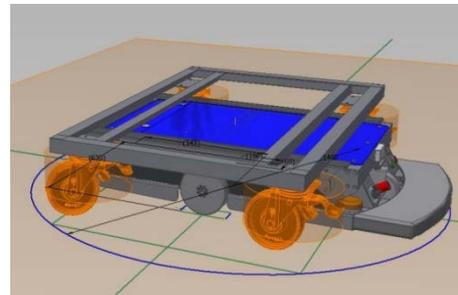
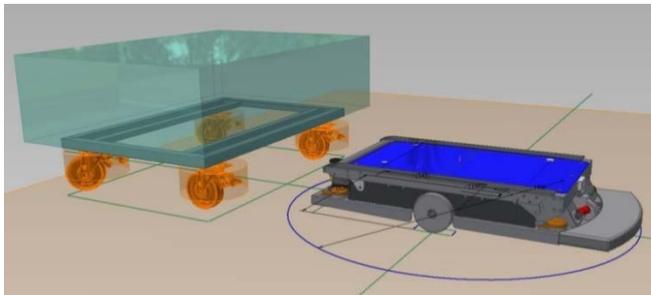
- Kooperation zwischen Fraunhofer IML und **BMW Group** seit Sept. 2015 im »BMW Enterprise Lab for Flexible Logistics«, Laufzeit 3 Jahre
- Project Owner: BMW Auslandsversorgung
- Projekt-Team und Pilotanwender: BMW Innovationspark und Verpackungszentrum Wackersdorf

- **Fraunhofer IML** liefert Maschinenbaukonstruktion, Elektroplanung, Fahrzeugsteuerungssoftware, Transportleitsystem-Software; baut Prototypen; unterstützt bei Produktionsanlauf; leistet Know-how-Transfer

- Funklokalisierung – für Fahrzeuge und Menschen – von Fa. **Kinexon**
- Kinexon liefert Hard- und Software für die präzise Positions- und Bewegungserfassung von Personen und Objekten, intelligente und performante (Echtzeit-)Auswertung sowie Visualisierung der Daten

Aufgabenstellung

- Unterfahr-FTF für automatische Transporte und Lastwechsel von einzelnen Rolluntersetzern (RU); Abmessungen der RU: 1.200 x 800 mm, max. Gewicht: 550 kg (Version 1) und 1.000 kg (Version 2)
- Anwendungen:
 - Fertigungsbetriebe: Ver- und Entsorgung der Bandarbeitsplätze , d.h. Just-in-time Anlieferung von befüllten Gitterboxen, Aufnahme von leeren Gitterboxen und Rückführung zum Lager/Supermarkt
 - Werk Wackersdorf: Unterstützung der Kommissionierung (Prinzip Person-zur-Ware: FTF begleitet den Kommissionierer)
- FTF (= Einzeltransporte) als Ersatz für manuelle Routenzüge (= Mehrfachtransporte) → schnellere Versorgung, effizienter, flexibler



Anforderungen und Ziele des Auftraggebers

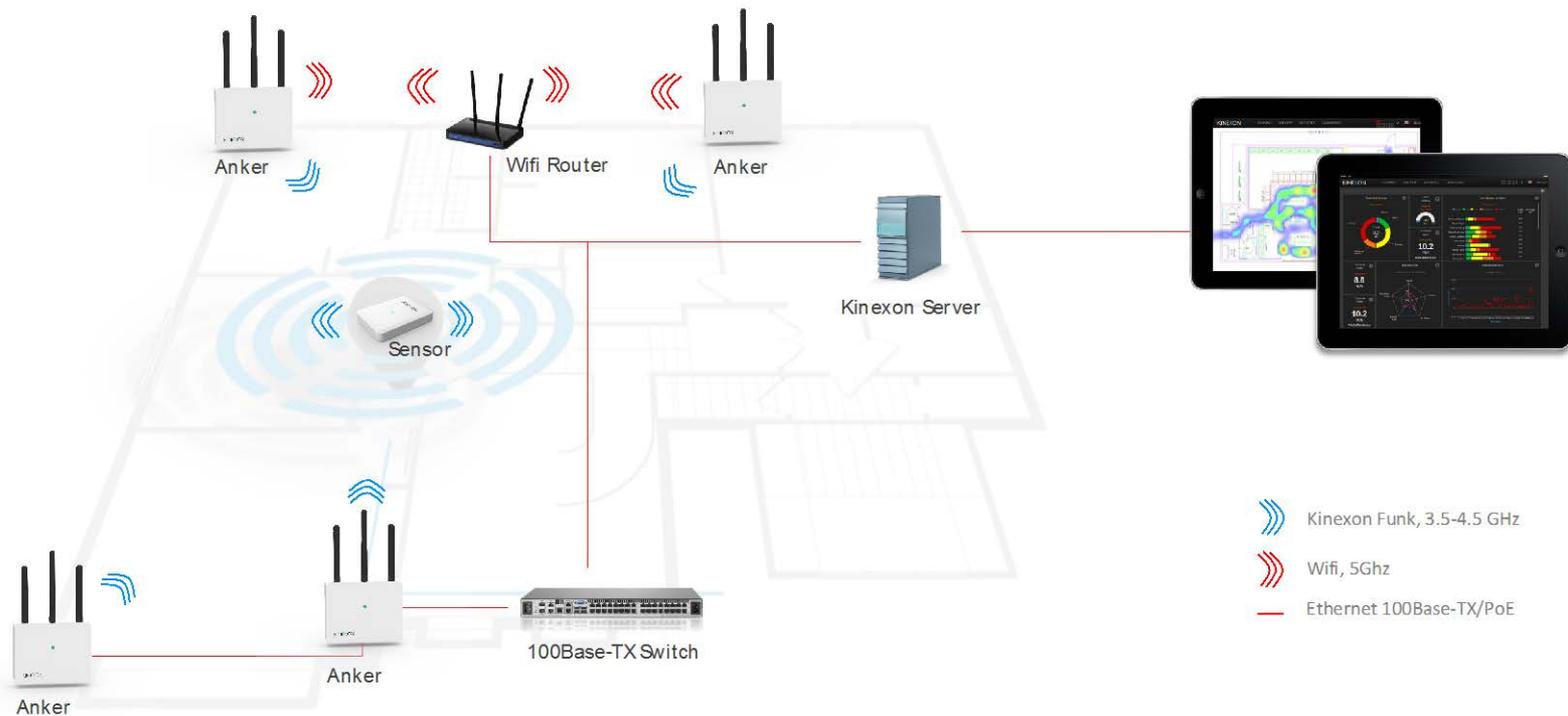
- Flexible Automatisierung möglichst vieler der bisherigen Routenzug-Transporte (Zugmaschine + 3 – 4 Hänger) durch Individual-Transporte mittels FTF; Gründe:
 - Ökonomischer: weniger unnötige Tonnen-Kilometer, da jeder Rolluntersetzer (RU) nur genau für die Strecke bewegt wird, die tatsächlich erforderlich ist
 - Schneller: durchschnittliche Anlieferzeit je RU sinkt
 - Geringerer Platzbedarf: kleinere Hüllkurven, insbes. bei Wendemanövern
 - Ergonomischer: Schieben und Ziehen der bis zu 800 kg schweren RU durch Routenzugfahrer und/oder Line Runner am Start und/oder Ziel entfällt
- Keine Infrastrukturmaßnahmen am/im/auf dem Hallenboden an den Start-/ Zielpunkten und entlang des Fahrwegs
- Keine Veränderungen an den Tausenden von konzernweit eingesetzten RUs
- RUs müssen während des Transports angehoben werden, d.h. sie rollen nicht auf eigenen (Hartplastik-)Rädern
- Mehrfachnutzung der erforderlichen Lokalisierungs-Infrastruktur durch FTF, Stapler, Routenzüge und Menschen (Kommissionierer, Instandhalter etc.)
- Geringstmögliche Kosten für die FTF durch Eigenproduktion und Verwendung möglichst vieler Komponenten aus der (eigenen) Automobilfertigung

Das Lösungskonzept – FTF / FTS



- Fahrzeugabmessungen (LBH): 1.280 mm x 630 mm x 220 mm; Leergewicht: 135 kg
- Kinematik: Drehzahldifferenz („Panzer“)
2 feste Fahrtriebe (mittig l/r) + 2 Lenkrollen (v/h)
→ ermöglicht Drehen um die Hochachse mit kleinstmöglicher Hüllkurve
- max. Geschwindigkeit: 1,4 m/s bzw. 2,2 m/s
- Traglast und Lastaufnahmeprinzip:
550 kg / 1.000 kg mittels integriertem Exzenter-Hubwerk, Lastaufnahme durch Unterfahren der langen Seite des RU und Anheben um ca. 40 mm
- Kollisionsschutz: Sicherheits-Laserscanner vorn, Softbumper hinten + Sicherheitssteuerung
- Hybrides Ortungs-/Navigationssystem: Odometrie + Funkortungssystem („Indoor-GPS“), Feinpositionierung mittels 3D-Sensorik
- „Klassische“ zentrale Leitsteuerung

Das Lösungskonzept – Funklokalisierung („Indoor-GPS“)



Lokalisierungsmethode:

- Trilateration im Frequenzbereich 3,5 – 4,5 GHz
- Two-Way-Ranging und Sensorfusion mit Inertial- und Odometriedaten

Das Lösungskonzept – Fahrzeugsteuerung

- Fahrzeugrechner: Beckhoff CX5020 + Ethercat-Klemmen für digitale und analoge I/O + TwinCAT3 (Echtzeit-Task für Bahnregelung)
- Fahrtriebe: iTAS + simco® drive von Wittenstein alpha mit sehr guter Regelbarkeit → sehr gute Bahntreue
- Qualität und Präzision der Odometriewerte – bei unbeladenem und beladenem Fz – sehr gut, d.h. Fehler < 1% der Fahrstrecke
- Software zur Fusion der Odometrie-basierten Positionen mit Positionswerten der Funklokalisierung
- Fahrzeugsteuerung mit folgenden Automatik-Funktionen:
 - „Fahrt von A nach B“ entlang einer Folge von Stütz-/Meldepunkten
 - Stoppen an Meldepunkt(en), Re-Start durch Werker mittels „Fußtritt“
 - Anheben eines RU am Meldepunkt, nachdem dieser manuell über das Fz geschoben wurde; z.Z. in Arbeit: automatische Aufnahme des RU mit Unterstützung durch 3D-Kamera (Sick 3-VistorT)
 - Absetzen eines RU am Zielpunkt, Weiterfahrt zum nächsten Hole-Ziel
 - Fahrt zur und in die Batterieladestation, automatische Ladung

Das Lösungskonzept – Leitsystem openTCS®

- openTCS ist ein vom Fraunhofer IML entwickeltes, Java-basiertes Open Source Transportleitsystem für Unstetig-Transporte, z.B. mittels FTF
- Funktionsumfang:
 - C/S-Architektur
 - Drahtlose Kommunikation mit den Fahrzeugen (i.d.R. WLAN, hier 802.11h)
 - Auftragsdisposition, Berücksichtigung unterschiedlicher Fz-Typen
 - Routing und Fahrweg-Optimierung
 - Verkehrslenkung („Vorfahrtsregelung“) an Kreuzungen u. Einmündungen
 - Batterielade-Strategie(n), Pausen- und Wartepplatz-Strategie(n)
 - Leitstand mit Anlagensvisualisierung, Eingriffsmöglichkeiten für Bediener, Fehlermeldungen/-analyse, Statistiken ...
 - Tool zur Fahrwegmodellierung
 - Schnittstelle zu beauftragendem System (hier: zur BMW-IT)
 - Unterstützung des Work-Flows und der Abläufe beim Anwender durch kundenspezifische Erweiterungen
 - Persistierung des Transportauftragspuffers, der durchgeführten Aufträge, aufgetretener Fehler, manueller Eingriffe etc.

Aktueller Stand der Dinge / Betriebserfahrungen

- Unterstützung der Kommissionierung in Wackersdorf
 - Beginn des Testbetriebs mit 2 Fahrzeugen im September 2016
 - Beginn des erweiterten Testbetriebs mit bis zu 12 (von BMW produzierten) FTF im Oktober 2016
 - Produktivbetrieb mit erweiterten Automatikfunktionen (Batterieladung, verbesserte Funkortung, automat. Lastaufnahme) seit April 2017
 - Integration eines neuen (maßgeschneiderten) BMS für Li-Ionen-Akkus im August 2017
- Linienver- und -entsorgung am Produktionsstandort Regensburg
 - Weitere 2 Fahrzeuge gebaut und in Betrieb gesetzt bis Ende August 2017
 - Aktuell: Installation der Infrastruktur (IT, Ortungssystem, Ruftaster, Ladestationen, Service- und Wartungs-Bereich), Schulung der Mitarbeiter
 - Beginn des Testbetriebs Ende September 2017
- Betriebserfahrungen (WAC)
 - System funktioniert und wird durch MitarbeiterInnen akzeptiert und genutzt
 - Hochlaufphase beendet, Betreuung des Systems ist vom Entwickler-Team an Instandhalter übergegangen

SMARTE FTF IN DER FLEXIBLEN PRODUKTIONSLOGISTIK HEUTE UND IM FLEXIBLEN LAGER MORGEN

Technologieforum FTS und mobile Roboter 2017

Thomas Albrecht · Fraunhofer IML

Stuttgart · 20. September 2017

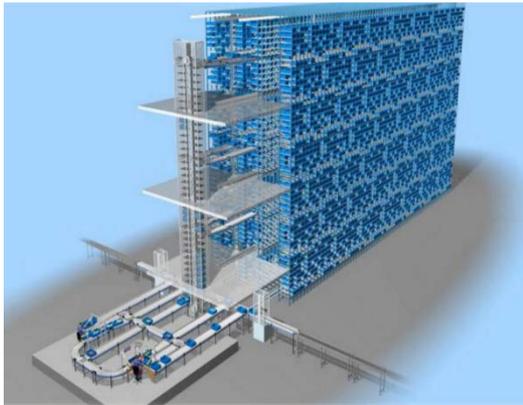
Inhalt:

- Kurze Vorstellung Fraunhofer-Gesellschaft und Fraunhofer IML
- Entwicklung des Smart Transport Robot STR/5 für die BMW Group
 - Aufgabenstellung
 - Lösungskonzept und Realisierung
 - Betriebserfahrungen
- **Entwicklung der Stack Access Machine – SAM**
 - **Ausgangssituation und Aufgabenstellung**
 - **Lösungskonzept und Realisierung**

Lösungen für das Lagern und Transportieren von KLTs

Stand der Technik

Kommissionierung „Ware-zur-Person“



Lösung I:
Automatisches
Behälterlager
mit Shuttle(s)



Lösung II:
Automatische
Transporte von
mobilen Regalen
durch FTF

Produktions- versorgung

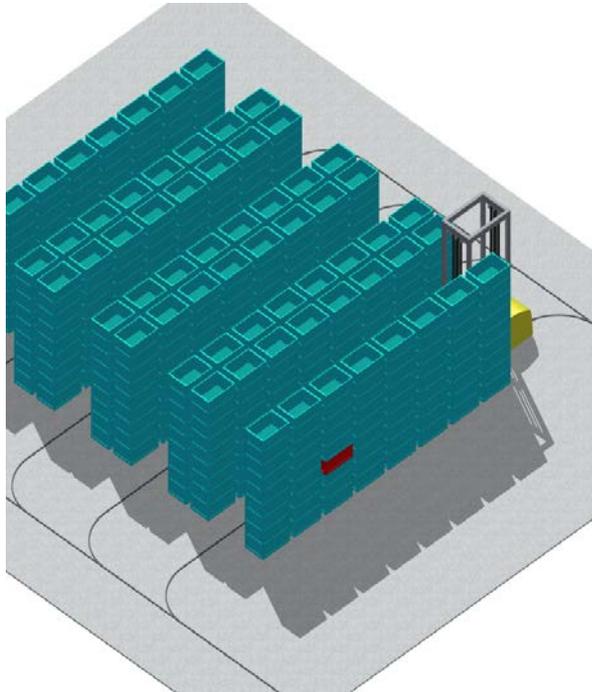


Lösung I:
Automatische
Behältertrans-
porte durch FTF



Lösung II:
Automatische
Transporte von
mobilen Regalen
mittels Routen-
zügen

Neuartiges Fahrerloses Transportfahrzeug für KLT-Lager



Unser Vorschlag:

- Automatisches Behälterlager ohne feste Infrastruktur: keine Regale, keine Schienen
- Lagern der Behälter im Stapel
- Trotzdem: wahlfreier Zugriff auf jeden Behälter
- Vorteile:
 - skalierbare Leistung (durch Anzahl Fahrzeuge) und Lagerkapazität (durch Grundfläche)
 - flexibel bei der Anordnung der Gassen
 - schnelle Inbetriebnahme und Änderung

Stack Access Machine SAM[®]: hochflexibles automatisches Lagersystem (pat. pend.)

Neuartiges FTF für KLT-Lager – SAM[®] by IML



Technische Daten des Prototyps

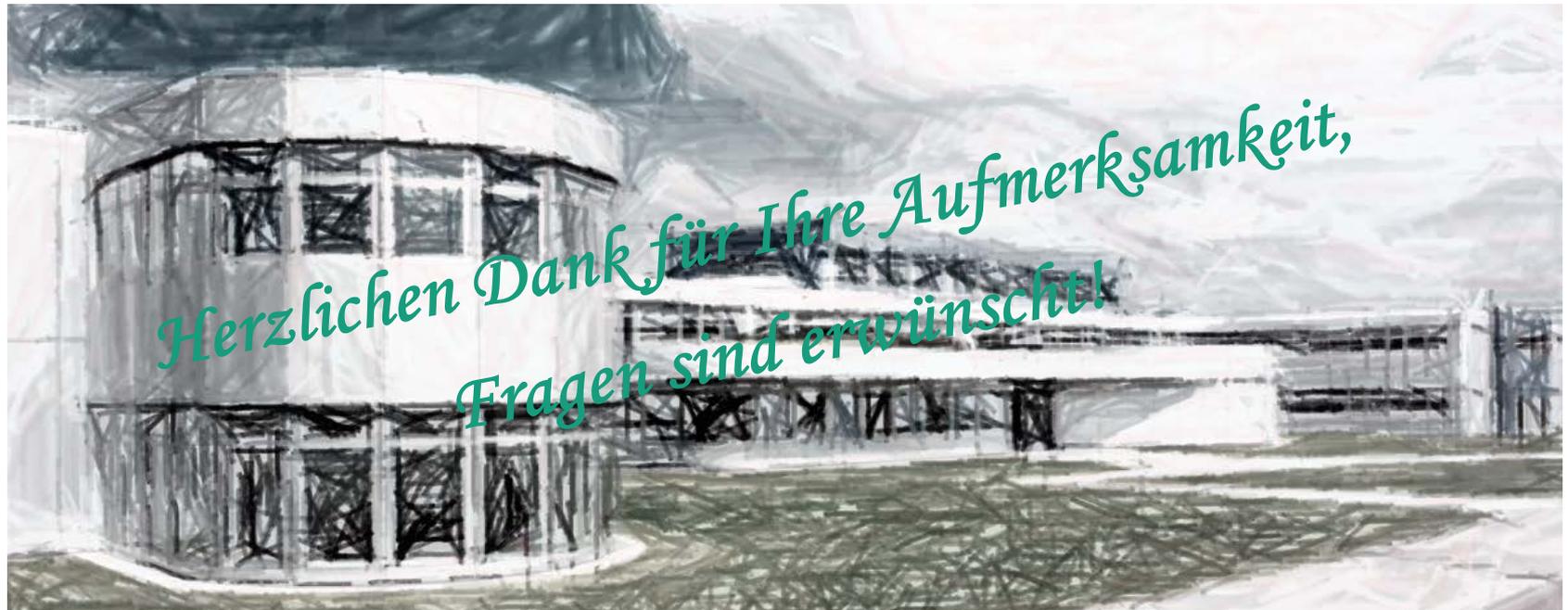
- Abmessungen (LBH): 2,2 m x 0,65 m x 3,0 m
- Eigengewicht (unbeladen): 340 kg
- Zuladung: max. 9 x 30 kg
- Fahrgeschwindigkeit: max. 1,0 m/sec
- 2 teleskopierbare Lastaufnahmemittel, unabhängig voneinander bewegbar
- Stapeln vom Boden an, 10 Behälter hoch
- opt. Spurführung: Farbband + Kamera
- Positionierung: QR-Code Label auf dem Boden
- Sicherheit: mind. 2 Sicherheits-Laserscanner, bei Mischbetrieb ggfs. weitere Sensoren

SMARTE FTF IN DER FLEXIBLEN PRODUKTIONSLOGISTIK HEUTE UND IM FLEXIBLEN LAGER MORGEN

Technologieforum FTS und mobile Roboter 2017

Thomas Albrecht · Fraunhofer IML

Stuttgart · 20. September 2017



WWW.FTS-FACHTAGUNG.ORG

