

# Service robotik in der Intralogistik

Prof. Dr. Christian Schlegel  
Forschungsgruppe Servicerobotik  
Hochschule Ulm



<http://www.hs-ulm.de/schlegel>  
[schlegel@hs-ulm.de](mailto:schlegel@hs-ulm.de)

<http://www.servicerobotik-ulm.de/>  
<https://www.youtube.com/user/RoboticsAtHsUlm/>

Dr. Alex Lotz  
M.Sc. Matthias Lutz  
Dr. Dennis Stampfer  
M.Sc. Timo Blender  
Vineet Nagrath, PhD  
M.Sc. Matthias Rollenhagen  
M.Sc. Nayabrasul Shaik

# Digitale Transformation der Industrie

## (Intra-)Logistik, Produktionslogistik, Industrie 4.0



Beijing Geekplus



Viastore



Magazino



DHL



Autostore



DHL



Knapp



KUKA



Knapp



<https://www.germanbionic.de>



Coop und Mercedes Vans, 27.09.2017

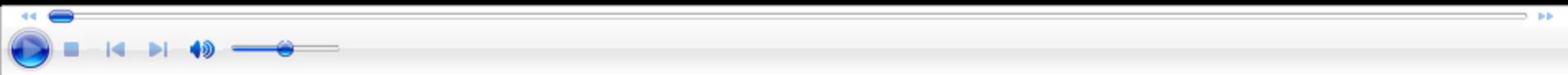


 23. April - 27. April 2018  
 Hannover



Roboter Atlas, Boston Dynamics

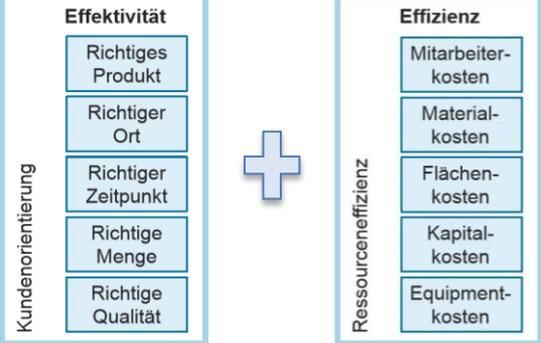
Quelle: Shutterstock



Smart Warehouse „T-mall“, a part of the world's online retailer Alibaba, China, <http://www.flashhold.com/>



# Logistische Grundfunktionen



- Dynamik**
- Flexibilität
  - Wandlungsfähigkeit

- Randbedingungen**
- Fachkräftemangel
  - Ergonomie
  - ...

Die richtigen Dinge tun.

Die Dinge richtig tun.

	Logistische Grundfunktion	Synonyme in der Praxis	Symbol	Vorher	Nachher
Räumliche Transformation	<b>Transportieren/Fördern</b>	Bewegen			
Zeitliche Transformation	Puffern (kurze Zeit)				$\Delta t \downarrow$
	Lagern (lange Zeit)				$\Delta t \uparrow$
Menge Verändern	Sammeln	Vereinigen, Konsolidieren, Zusammen-fassen			
	Verteilen	Trennen, Vereinzeln, Auflösen, Portionieren			
Zusammenstellung Verändern	<b>Kommissionieren</b>	Konsolidieren, Sequenzieren, Set Bilden			
	<b>Sortieren</b>	Vereinzeln, Auflösen, Sequenzieren			

	Logistische Grundfunktion	Synonyme in der Praxis	Symbol	Vorher	Nachher
Veränderung des Servicewertes	Ver-/ Entpacken	Auspacken, Einpacken, Umreifen, Stretchen			
	Etikettieren	Bezetteln, Labeln			
	Prüfen (Menge, Qualität, Information)	Kontrollieren, Identifizieren			

Administrative Funktionen	Buchen	Vereinnahmen			
	Auftrag erzeugen	Kommissionier-auftrag/Versand-auftrag erstellen			
	Dokumentieren	Papiere unterschreiben, Papiere archivieren			
	Information übermitteln				

W.A. Günthner, J. Durchholz, E. Klenk, J. Boppert. Schlanke Logistikprozesse – Handbuch für den Planer, Springer Vieweg, DOI 10.1007 / 978-3-642-38272-7

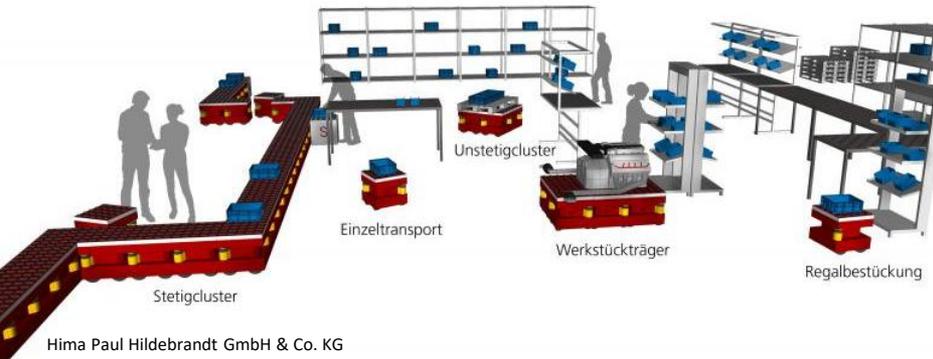


<https://www.youtube.com/watch?v=CFcH8Dm15aE&t=67s>



# Digitale Transformation der Industrie

## (Intra-)Logistik, Produktionslogistik, Industrie 4.0

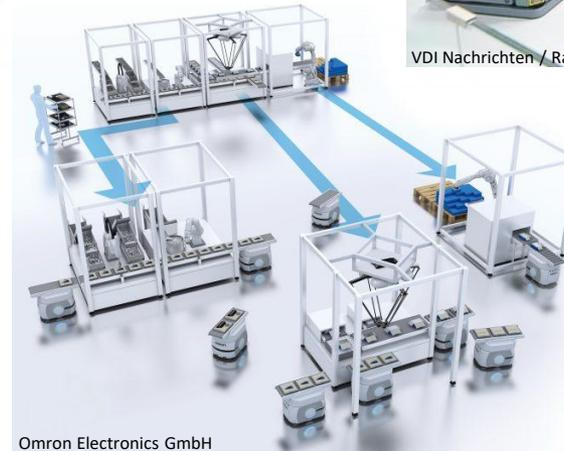


### Flexibilität, Wandlungsfähigkeit, Agilität

- deutliche Reduktion der Änderungskosten, um Wandlungsfähigkeit und Flexibilität unter Kostendruck der Produktvarianten und Druck der Marktdynamik abbilden zu können

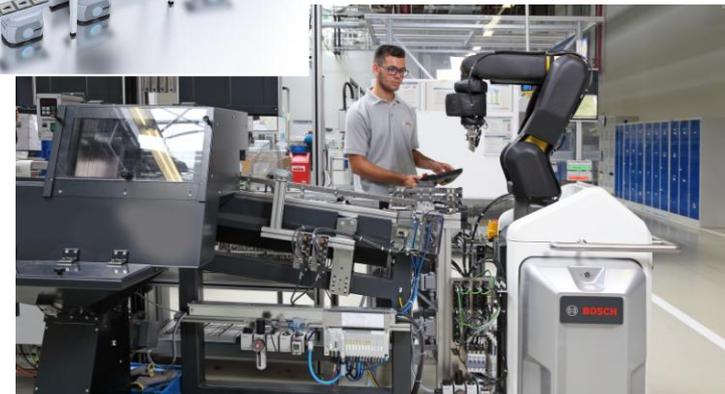
### Rahmen

- Maximale Wandlungsfähigkeit meist unnötig und verbunden mit zu hohen Kosten
- Geeignete Balance zwischen maximaler und idealer Wandlungsfähigkeit



### Ansatz: Digitalisierung und Roboterisierung

- Erreichung eines nicht gekannten Grades von Vernetzung und Durchgängigkeit, auch standort- und firmenübergreifend ohne Technologiebrüche bei Steuerung und Informationsaustausch
- von zentralen und hierarchisierten Steuerungsebenen hin zu lose gekoppelten und schnell anpassbaren interagierenden dezentralen Ansätzen



# Digitale Transformation der Industrie

## (Intra-)Logistik, Produktionslogistik, Industrie 4.0

### Anhaltender Trend

- immer größere Unbeständigkeit der Märkte mit bspw. kurzfristig schwankenden Nachfragezahlen
- immer kürzere Produktzyklen bei steigender Variantenvielfalt
- zunehmend kundenindividuelle Produkte bis hin zur Losgröße 1
- kürzer werdender Abstand zwischen Technologieänderungen
- neue globale Konkurrenz

### Aktuelle Sachlage

- Amortisationszeit hochwertiger Produktionsanlagen länger als Lebenszeit von Produkt(varianten)

### Notwendigkeit

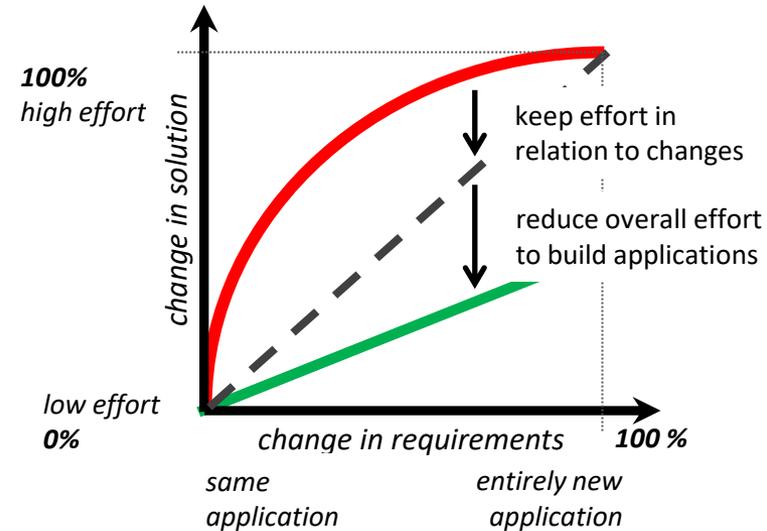
- Fertigung unterschiedlicher Varianten mit den gleichen Anlagen, abwechselnd oder gleichzeitig
- kürzere Umstellungszeiten für neue Produkttypen
- Stückzahl und Durchsatz kurzfristig änderbar

### Konsequenz

- Produktionsanlagen, die schneller auf Veränderungen reagieren lassen und sehr kleine Losgrößen effizient und kostengünstig realisieren können, lassen sich nur durch eine **deutlich erhöhte Wandlungsfähigkeit** bzw. eine **deutlich erhöhte Flexibilität** realisieren

### Ziel

- **deutliche Reduktion der Änderungskosten, um Wandlungsfähigkeit und Flexibilität unter Kostendruck der Produktvarianten und Druck der Marktdynamik abbilden zu können**

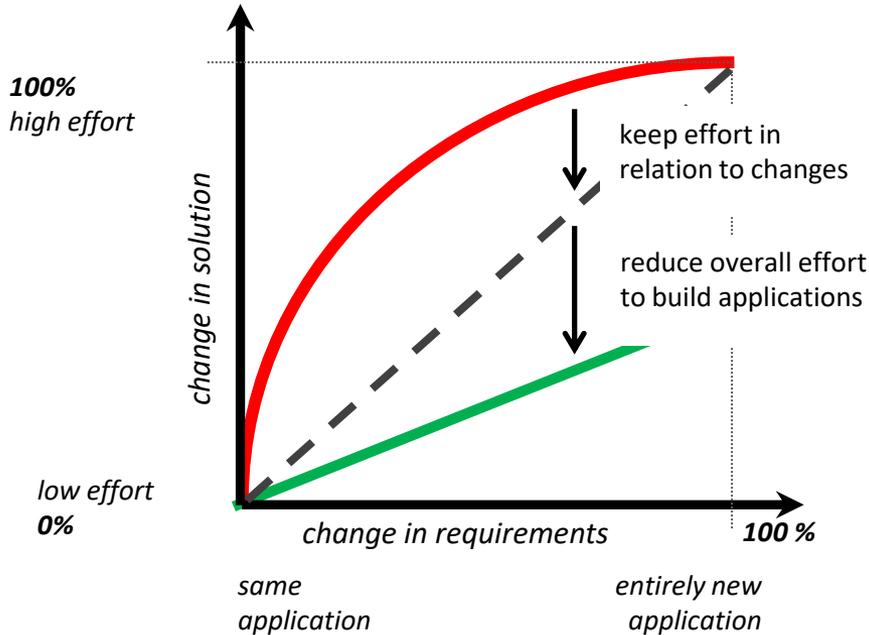


# Digitale Transformation der Industrie

## (Intra-)Logistik, Produktionslogistik, Industrie 4.0

- **„Build multi-purpose robots“**
  - *One of the big fat lies in robotics is that robots are flexible. We adapt the process to the robot, not the robot to the process*
  - *Improved software and better modular robotics solutions, where robots could be arranged and re-arranged and tailored to the process each day, would dramatically improve customization*
- **„Build robots that can be simply deployed“**
  - *It takes time to deploy robots. Sometimes you can spend four to five times the cost of the robot, just integrating it into your system. For maybe 80% of those applications, deployment should be something as simple as downloading an app on your smartphone.*
  - *We need to be able to make it so you can effectively plug and play and deploy that robot very quickly. Not only do we want to be able to deploy quickly, we want to make it easy to re-deploy.*

Prof. Howie Choset, CMU, 04.09.2017,  
<https://www.ri.cmu.edu/5-ways-to-advance-robotics-in-manufacturing/>



# Digitale Transformation der Industrie

## (Intra-)Logistik, Produktionslogistik, Industrie 4.0



- **Logistik** hat eine wichtige **Vernetzungs- und Integrationsaufgabe** und ist mit einem Marktvolumen von über 230 Milliarden Euro der **drittstärkste Wirtschaftszweig in Deutschland**.
- **Heute** wird sie zentral über hierarchisierte Steuerungsebenen betrieben. Entsprechend komplexe Software macht erforderliche Anpassungen aufwändig und teuer. Mit dem Wandel der industriellen Produktion in Richtung Industrie 4.0 verändern sich auch die Logistikprozesse.
- **Zukünftige Logistik- Assistenzsysteme** erlauben eine permanente, kollaborative Planung und ermöglichen es, auf Änderungen im Produktionsablauf dynamisch reagieren zu können. Hersteller werden durch zeitnahen Informationsaustausch wesentlich flexibler und können die vorhandenen Ressourcen effizienter und effektiver nutzen.
- Die Wachstumsimpulse im Bereich **neuer Dienste für Logistik und Services** werden auf über 900 Millionen Euro jährlich geschätzt.
- Die **Kopplung von Informations- und Materialfluss, dezentral organisierte Steuerungen, autonom agierende Logistik-Instanzen und logistische Assistenzsysteme** ebnen den Weg zu einer agilen, wandlungsfähigen Logistik (Logistik 4.0) und weisen damit in die Zukunft.

*Aber: Logistik ist ein assoziierter Prozess, nicht ein wertschöpfender Prozess! Je weniger Logistik, desto besser...*

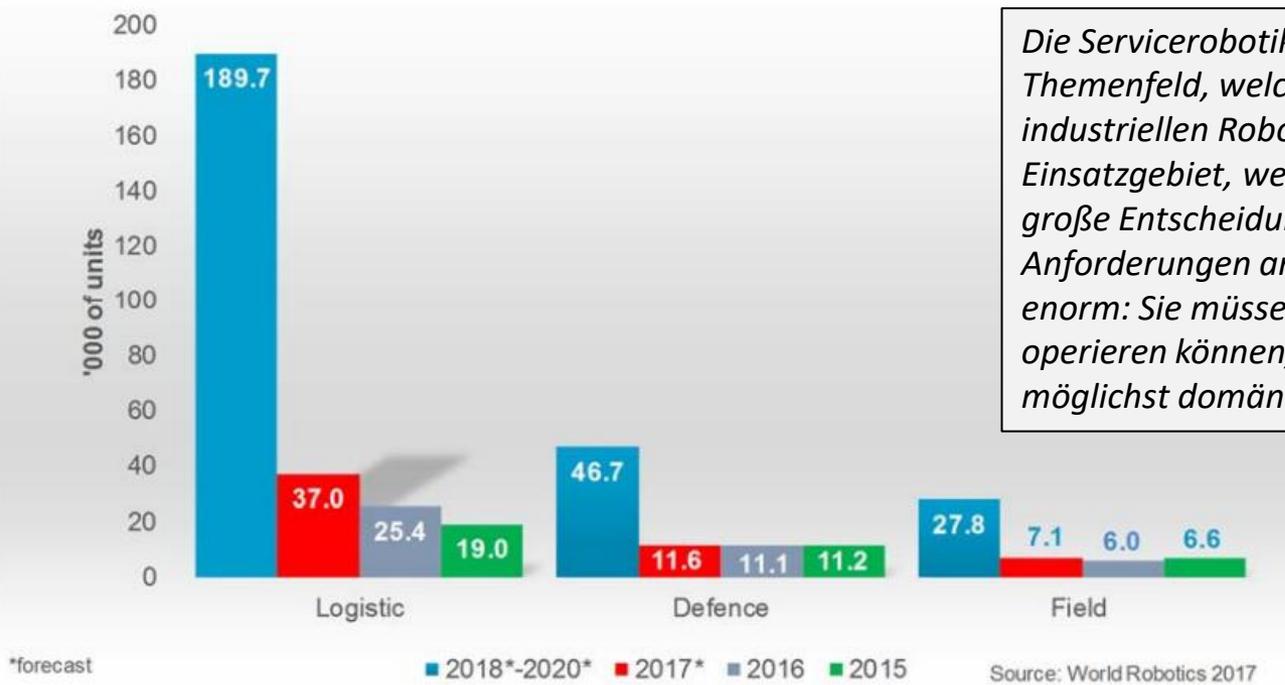
- *z.B. 3D-Druck vor Ort anstelle Lagerhaltung und Transport und Lagerhaltung*
- *z.B. Vermeiden von separater Logistik-Infrastruktur: Uber für Pakete, Kofferraum als Briefkasten, Strasse als Lager*
- *z.B. „Ware ohne Person“*

Quelle: Digitale Technologien für die Wirtschaft / BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)

# Digitale Transformation der Industrie

## (Intra-)Logistik, Produktionslogistik, Industrie 4.0

*Die Servicerobotik ist ein weitgehend domänenübergreifendes Themenfeld, welches sich von der klassischen industriellen Robotik vor allem durch das unstrukturierte Einsatzgebiet, wechselnde Umgebungsbedingungen und große Entscheidungskorridore abhebt. Die Anforderungen an entsprechende Robotersysteme sind enorm: Sie müssen autonom und kontextsensitiv operieren können, flexibel, anpassungsfähig und möglichst domänenübergreifend einsetzbar sein*



**Main applications:**

- Logistic systems
- Defense robots
- Field robots (milking robots)
- Public relations robots
- Powered human exoskeletons
- Medical robots

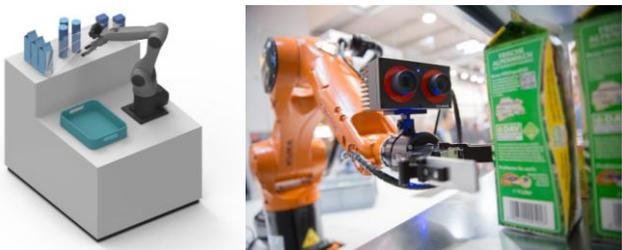
*About 25,400 logistic systems were installed in 2016, 34% more than in 2015 (19,000), accounting for 43% of the total units and 21% of the total sales (in value) of professional service robots. These are automated guided vehicles in manufacturing environments and in non-manufacturing environments. It is assumed that the actual number of newly deployed systems is far higher. The value of sales of logistic systems is estimated at about US\$ 992m, and increased by 27% compared with 2015.*

Source: World Robotics 2017 Service Robots



# Service Robotik / Cobots

## Sensorik mit Apps, Roboter mit Apps



<https://roboception.com/de/>



Franka Emika, <https://www.franka.de/>



3D-Sensor O3D



<https://www.ifm.com/ch/de/shared/technologien/3d-sensor-o3d/3d-sensor-o3d-startseite>



### What's available on the market?

UR3-UR5-UR10

Speedy 10

Roberta

Baxter

iiwa7/14

CR-35iA/7iA

Sawyer

HC-10

P-Rob 2

Yumi

Franka Emika

MIP Junior

Comau AURA

**sirris**  
driving industry by technology

© sirris | [www.sirris.be](http://www.sirris.be) | [info@sirris.be](mailto:info@sirris.be) | 21.09.16 4

# Kommissionierung & Produktionslogistik

- Person/Roboter-zu-Ware Kommissionierung mit statischer Artikelbereitstellung in Fachboden- oder Hochregalen ohne Automatisierungstechnik
- Person/Roboter-zu-Ware mit Regalbediengeräten
- Kommissionierung in Zonen mit statischer Artikelbereitstellung (Zone Picking)
- Ware-zu-Person/Roboter Kommissionierung an einer Bedienstation, die von einem AKL oder automatischen HRL versorgt wird
- Inverse Kommissionierung
- ...

**Regalplatz / Kommissionierstation: Greifproblematik**  
 Problem „Griff der Ware an sich“:  
 Entnahme und Transfer

- Heterogenität des zu greifenden Artikelspektrums
- teilweise große Unterschiede hinsichtlich Form, Steifigkeit, Festigkeit, Gewicht, Volumen, Oberfläche
- Bücher, Stoff-Teddies, Schrauben, Chips-Tüten, Obst, Ball, Prospekt, ...

**Kommissionierung**

- insbesondere in Branchen mit besonderen Hygieneansprüchen (Pharma, Lebensmittel)
- **Einzelentnahmen (Anbruchkommissionierung)** mit sehr großer Variantenvielfalt / Flexibilität beim Picken
- Sonderaufträge wie Werbeaufsteller, Reiseapotheke, etc.

**Produktionslogistik, Versorgungslogistik, ...**

- flexible und pünktliche Versorgung nach Bedarf
- geeignete Übernahme / Übergabe möglichst ohne Personal zwecks Entkopplung der Abläufe

**Retourenbearbeitung**

**Prozessschritte Kommissionieren**  
 (VDI Richtlinie 3590 Blatt 1):

- Vorgabe Transportinformation (für Güter und/oder Kommissionierer)
- Transport Güter zum Bereitstellungsort
- Bereitstellung Güter
- Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellungsort
- Vorgabe der Entnahmeeinformation
- Entnahme der Artikel durch den Kommissionierer
- Abgabe der Entnahme
- Quittierung des Entnahmevorgangs bzw. der Entnahmevorgänge
- Transport der Sammeleinheit(en) zur Abgabe
- Vorgabe Transportinformation für die angebrochene(n) Bereitstellungseinheit(en)
- Transport der angebrochenen Bereitstellungseinheit(en)

Schätzungen zufolge wird Kommissionierung in über 80% der Lager noch manuell gemäß dem Prinzip Mann-zur-Ware durchgeführt: Ausnutzen der Fertigkeiten von Menschen beim Picken (Erkennen, Greifen, Ablegen, Umgang mit Vielfalt, ...)

[1] de Koster et al. Design and control of warehouse order picking: A literature review. European Journal of Operational Research 182 (2007) 2, S. 481-501.  
 [2] Napolitano. Warehouse/DC Operations Survey: Mixed signals. Modern Materials Handling 51 (2012) 11, S. 48-56.

Kommissionierung

Person / Roboter-zu-Ware  
Ware zu Person / Roboter  
Ware ohne Person





**Kommissionierplatz, Packplatz**

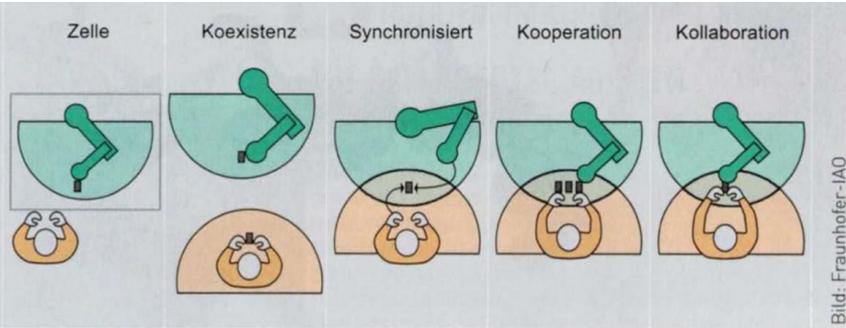
Produktionslogistik





**Lager <=> Band  
Lager <=> Produktionszelle  
...**

# Zusammenarbeit von Mensch-Maschine, Mensch-Roboter

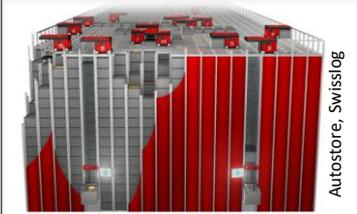


## Kombination der Stärken von Mensch und Roboter

Maschinen übernehmen immer mehr einfache, sich wiederholende Aufgaben, der Mensch führt komplexere, nicht reproduzierbare Abläufe durch

=> Mensch-Roboter-Interaktion ohne Arbeiter zu stören oder zu gefährden

- damit kann Arbeit nicht nur effizienter, sondern ergonomischer gestaltet werden
- Roboter als Zudiener, die beschwerliche Arbeit abnehmen und die Wege verkürzen
- dringend nötig angesichts steigender Warenmengen, geänderten Erwartungshaltungen an Lieferketten, demografischem Wandel mit bereits jetzt deutlich spürbarem Fachkräftemangel



hoch automatisiert Ware-zu-Person



Transport im geteilten Arbeitsraum



hoch automatisiert, kein geteilter Arbeitsraum, keine Vielfalt in Objekten, Vielfalt in Aufträgen



automatisiert, Vielfalt in Objekten und Aufträgen

## Mehrzweck-(Service-)Robotik als Teil des gesamten Spektrums an Möglichkeiten

- (Service-)Robotik muss sich dort einfügen und integrieren, wo es sinnvoll ist
- Flexibilität / Wandlungsfähigkeit / Skalierbarkeit / Systeme anpassbar durch Nutzer vor Ort
- Serviceroboter als flexibles Assistenzsystem / flexibles Werkzeug
- B2B-Marktplatz für Servicerobotik-Komponenten, Servicerobotik-Dienste, Expertisen-Netzwerke

## Verkehrsflächen / Arbeitsräume / Bedien-, Konfigurierbar-, Einbindbarkeit / Prozessanpassung

- mit Personen geteilte Verkehrsflächen? Flexibel und kurzfristig änderbar durch Nutzer vor Ort?
- mit Personen geteilte Arbeitsräume? Flexibel und kurzfristig änderbar durch Nutzer vor Ort?
- veränderte Aufgabe, verändertes Produkt? Flexibel und kurzfristig änderbar durch Nutzer vor Ort?
- alternative Nutzung von Arbeitsplätzen durch Roboter oder Anpassung der Prozesse an Robotik?
- einfaches Deployment

## Gestaltung und Bewertung: Adäquatheit von Servicerobotik-Lösungen

- Bewertung von Varianten: welche Roboter? welche Konfiguration? welche Umgebung? welche Leistung? welche Qualität? welche Prozesse? Erfüllung Sicherheit / CE-Zertifizierung? ...
- Management von Rollen, Verfügbarkeit rollenspezifischer Bedieninterfaces, ...



# Forschungsgruppe Servicerobotik / Hochschule Ulm



## RobMoSys - Composable Models and Software for Robotics Systems

[www.robmosys.eu](http://www.robmosys.eu)

01.01.2017 – 31.12.2020, EU H2020-ICT-2016



## SeRoNet – Eine Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von Serviceroboter-Lösungen

01.03.2017 – 28.02.2021, BMWi – Technologieprogramm „PAiCE“



## LogiRob - Multi-Robot-Transportsystem im mit Menschen geteilten Arbeitsraum

[http://www.softwaresysteme.pt-dlr.de/media/content/Infoblatt\\_LogiRob.pdf](http://www.softwaresysteme.pt-dlr.de/media/content/Infoblatt_LogiRob.pdf)

01.06.2016 – 31.05.2019, BMBF KMU innovativ



## ZAFH Intralogistik - Kollaborative Systeme zur Flexibilisierung der Intralogistik

<http://zafh-intralogistik.de/>

01.03.2017 – 28.02.2020, Land Baden-Württemberg und EU EFRE





<https://youtu.be/8GUSDTNoGRM>

Video What is the aim of RobMoSys?



**Service Robotics Ulm**  
autonomous mobile service robots

09.05.2018

11. Ulmer Robotertag / Prof. Dr. Schlegel

16



# EU H2020 RobMoSys: Pilots

RobMoSys – Better Models, Better Tools, Better Systems



RobMoSys



*Intralogistic  
Industry 4.0  
Robot Fleet*



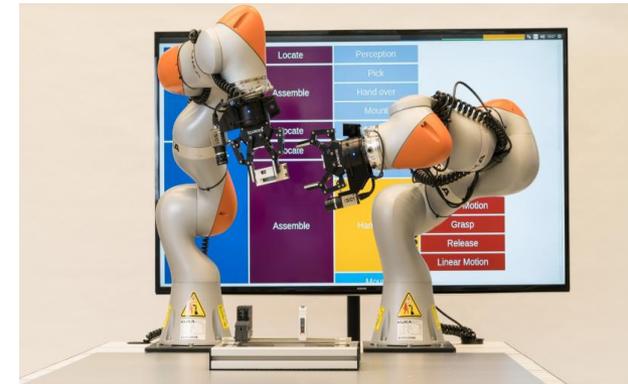
*See the RobMoSys Wiki for a  
detailed description of all the Pilots*



*Healthcare  
Assistive  
Robot*



*Flexible  
Assembly  
Cell*



*Modular  
Educational  
Robot*



*Human-Robot  
Collaboration  
for Assembly*



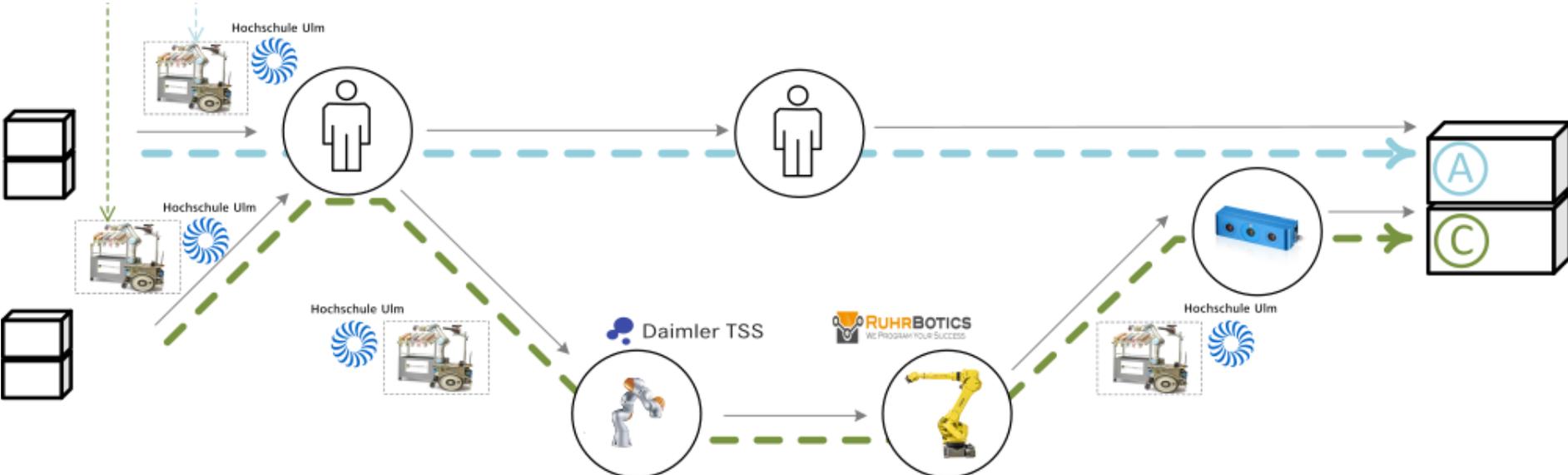
# Forschungsgruppe Servicerobotik / Hochschule Ulm

## Pilot 3: Montage in der Produktion

klassische manuelle Montage mit unterschiedlich komplexen Teilprozessen im industriellen Umfeld sukzessive automatisieren und wandlungsfähiger gestalten.



Gefördert durch:  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



# Service Robotics Ulm und Intralogistik

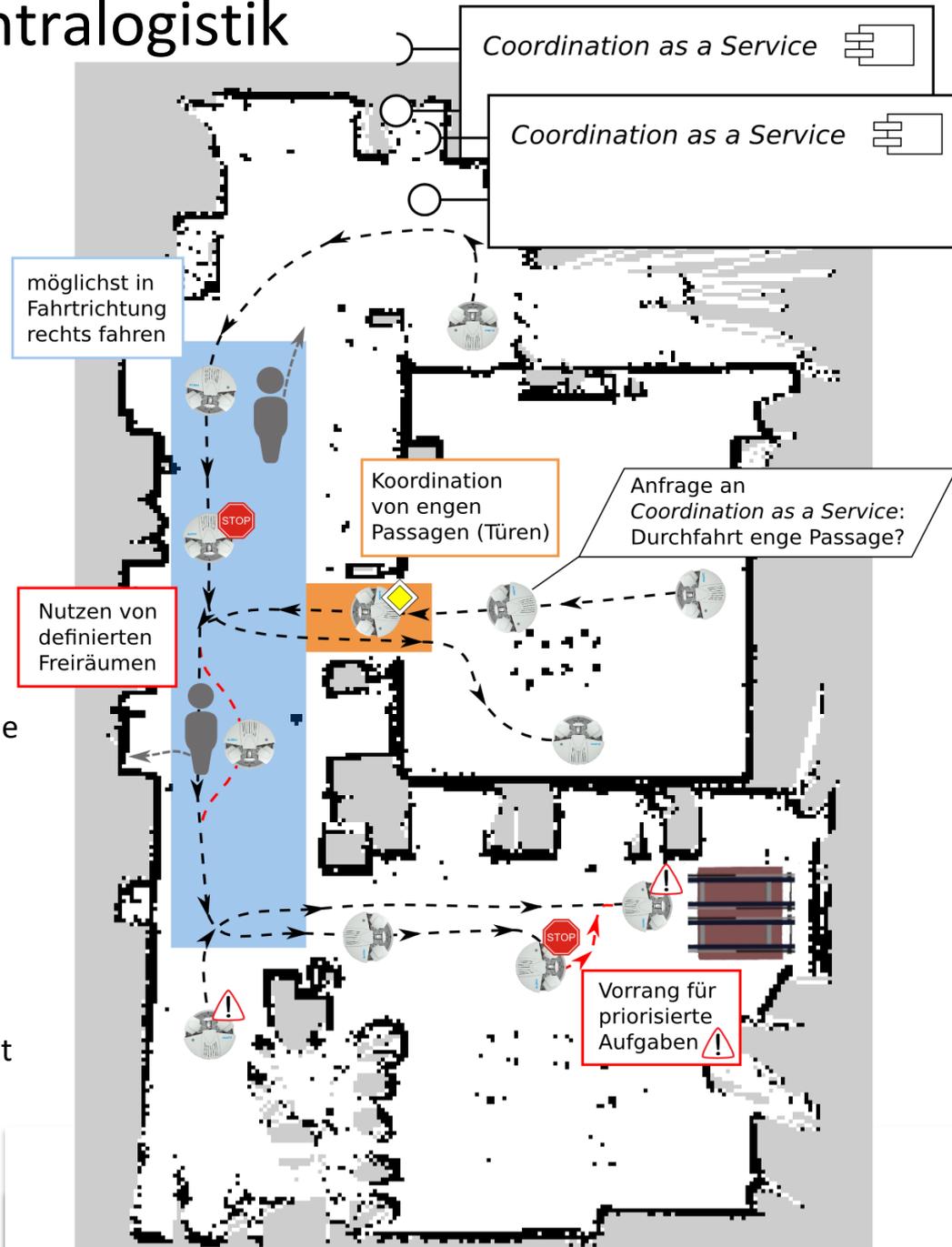
## LogiRob



### Multi-Robot-Transportsystem im mit Menschen geteilten Arbeitsraum



- In einer Roboterflotte muss der gesamte Verband eine Transportleistung garantieren und selbstständig den Ausfall einzelner Roboter kompensieren, um sich als System in ein übergeordnetes Gesamtsystem einzubinden
  - System-of-Systems
  - Industrie 4.0 (technische Basis bspw. OPC-UA)
- Die Konfigurierbarkeit / Anpassbarkeit / Skalierbarkeit durch Personal vor Ort ist entscheidend



# Forschungsgruppe Servicerobotik / Hochschule Ulm

## Testfeld A: Kommissionierung Servicerobotik Fachbodenregal

- Distributionslogistik, stückgenau, Pharmaartikel in Schachteln
- kombiniert Ware-zu-Kommissioniergasse und Person/Roboter-zu-Ware in Kommissioniergasse
- Fokus: Pickaufgaben



# LogiRob

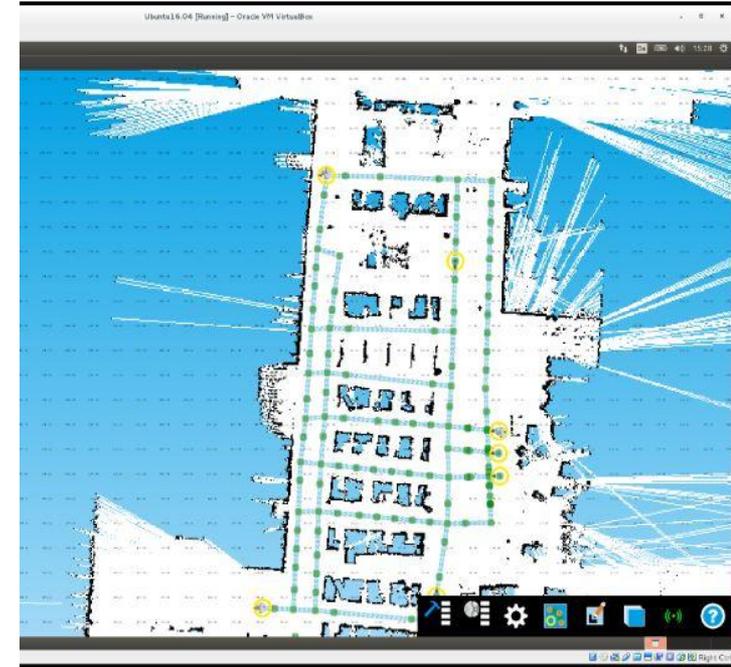
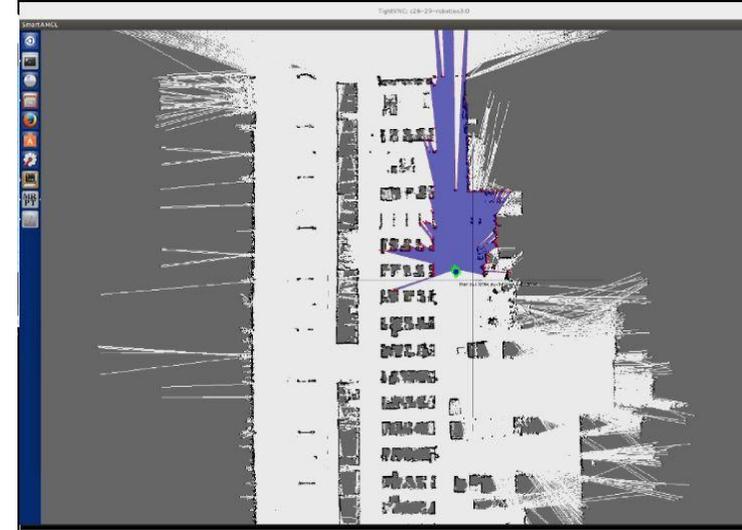
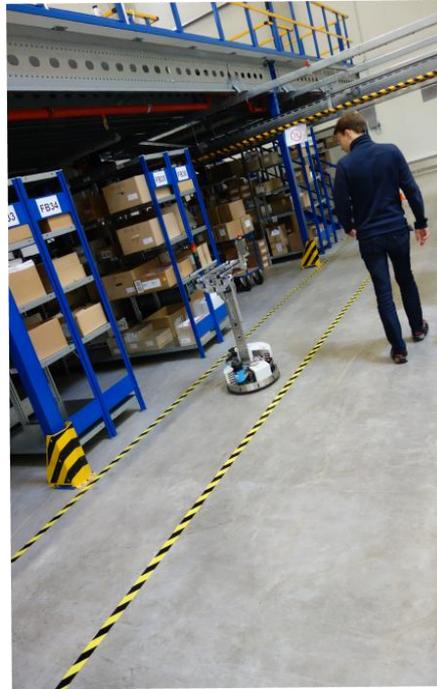


## Testfeld B: Kommissionierung Person-zu-Ware

- Distributionslogistik, sehr große Vielfalt einschließlich loser Artikel
- Roboter/Person-zu-Ware, Zone-Picking
- Fokus: gemischte Roboterflotte, mit Menschen geteilter Arbeitsraum, kollaborative Pick- und Transportaufgaben



# Service Robotics Ulm und Intralogistik



## LogiRob



**TRANSPHARM**  
competence.connection.courage

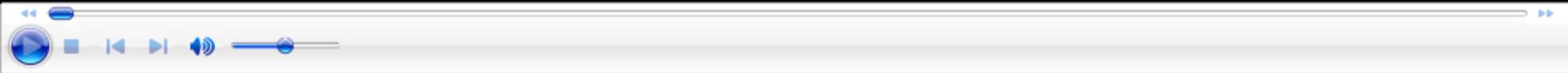
**Service Robotics Ulm**  
autonomous mobile service robots

09.05.2018

11. Ulmer Robotertag / Prof. Dr. Schlegel

21





Video Person Following for Order Picking  
(in Kürze auf <https://www.youtube.com/user/RoboticsAtHsUlm/videos>)





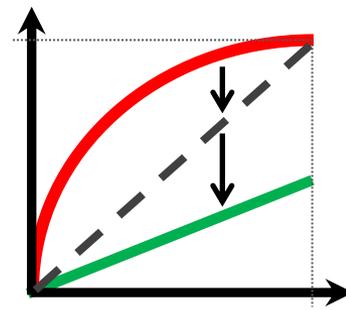
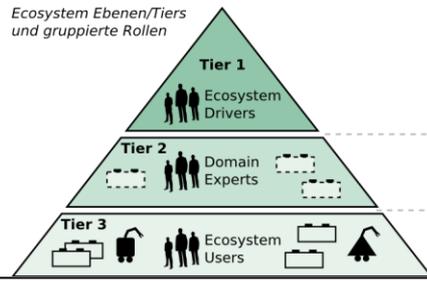
## Video Order Picking by Robot

(in Kürze auf <https://www.youtube.com/user/RoboticsAtHsUlm/videos>)





**RobMoSys - Composable Models and Software for Robotics Systems**



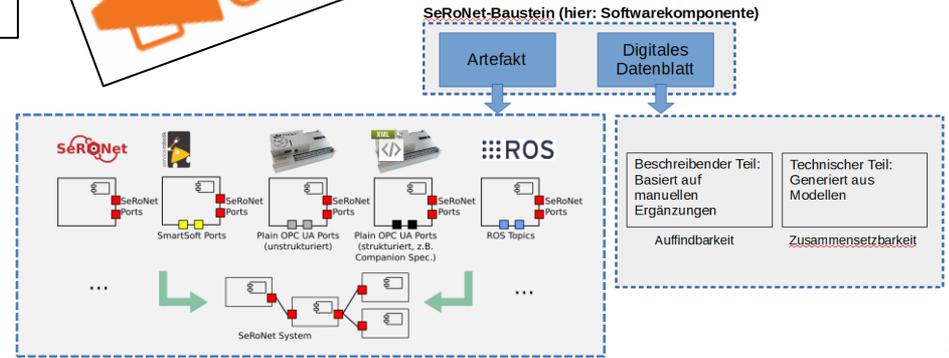
The Leading Exhibition for Smart Automation and Robotics  
19.-22. Juni 2018 | München



The Leading Exhibition for Smart Automation and Robotics  
19.-22. Juni 2018 | München



SeRoNet – Eine Plattform zur arbeitsteiligen Entwicklung von Serviceroboter-Lösungen



LogiRob - Multi-Robot-Transportsystem im mit Menschen geteilten Arbeitsraum



ZAFH Intralogistik - Kollaborative Systeme zur Flexibilisierung der Intralogistik



**Service Robotics Ulm**  
autonomous mobile service robots