



Zukunft Mobile Robotik – Fahrerlose Transportsysteme auf der Überholspur

Tagungsband 2026, Graz

27.05.2026

**Zukunft Mobile Robotik –
Fahrerlose Transportsysteme
auf der Überholspur
Tagungsband 2026, Graz
27. Mai 2026**



Herausgeber:

Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz
Domenik Kaever
Christian Landschützer

Layout:

Petra Gasser
Christian Landschützer

Titelbilder:

Grazer Uhrturm: Graz Tourismus - Harry Schiffer
TU Graz: Lunghammer
Sonstige: Pixabay.com / Kein Bildnachweis nötig

Veranstaltung:

Logistikwerkstatt Graz 2026
Technische Universität Graz
Rechbauerstraße 12
Aula
8010 Graz

2026 Verlag der Technischen Universität Graz
Technikerstraße 4, 8010 Graz
verlag@tugraz.at
www.tugraz-verlag.at

Reihe:

Logistik Werkstatt Graz / ISSN 2411-3735

ISBN 978-3-99161-092-2

DOI 10.3217/978-3-99161-092-2



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons
Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0) Lizenz.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Diese CC-Lizenz gilt nicht für das Cover, Materialien von Dritten (anderen
Quellen zugeschrieben) und anderweitig gekennzeichnete Inhalte.

Vorwort

Liebe Freunde der Logistikwerkstatt Graz,

im Jahr 2026 steht unsere Lieblingsveranstaltung ganz im Zeichen der Mobilen Robotik. Zum 14. Mal laden das Institut für Technische Logistik (ITL) der Technischen Universität Graz und der Verein Netzwerk Logistik (VNL) nach Graz ein, um mit führenden Expert:innen zum Thema „Mobile Robotik – Fahrerlose Transportfahrzeuge auf der Überholspur“ zu diskutieren. Dass dieses Thema einen Nerv trifft, zeigen die 112 Anmeldungen (Rekord!) aus Deutschland, Ungarn und Österreich, die wir in diesem Jahr in unserer wunderschönen Aula der TU Graz begrüßen dürfen. Es waren so viele Besucher:innen wie noch nie, was bei diesem Thema wenig wundert. Schon die diesjährige LogiMAT in Stuttgart zählte einen Anteil von 28,2 Prozent im Ausstellungsbereich „FTS | FTF | AMR | Robotics“. Der Hersteller-Markt wird unübersichtlicher; umso wichtiger sind Standards wie die VDA 5050, die die Kommunikation zwischen der Flotten-Leitsteuerung und den Fahrerlosen Transportfahrzeugen standardisiert und reguliert, mittlerweile schon in der dritten Version.

Neben den sogenannten „Wheeled Robots“, die die Vorträge in diesem Jahr dominieren, zählen auch „Aerial Robots“ (Drohnen) und „Legged Robots“ (Humanoide Roboter) zur Mobilen Robotik. Auf die Beine der Humanoiden Roboter können die meisten von uns in der (Technischen) Logistik verzichten; vielmehr ist die Kombination aus Fahrwerk und „Oberkörper“ eines Humanoiden von Interesse für uns („Wheeled Robot“). Aus diesem Grund werden auch immer mehr Lösungen in diesem Bereich am Markt sichtbar.

Um unserem Bildungsauftrag gerecht zu werden, sind wir vom ITL derzeit dabei, einen „Mobile Robot Collaboration Space“ einzurichten, um mit mobilen Robotern von verschiedenen Herstellern die VDA 5050 zum Leben zu erwecken und unsere Lehrveranstaltungen zu bereichern. Aus diesem Grund haben wir in diesem Jahr auch erstmalig eine eigene Lehrveranstaltung zum Thema Mobile Robotik angeboten, in der die Studierenden lernen, was bei der Planung von Fahrerlosen Transportsystemen zu beachten ist und welche Rolle die Materialflusssimulation dabei spielt.

Was wäre die Logistikwerkstatt Graz ohne unsere Sponsoren. Wir danken den Firmen KNAPP, Element Logic, faigle, SSI SCHÄFER, BEUMER, Siemens, LTW Intralogistics, Optygon, ligenium und EXARON für ihre Unterstützung, ohne die wir diese Veranstaltung nicht auf diesem Niveau anbieten könnten. Ich darf mich persönlich bei meinem Team – dem Institut für Technische Logistik – bedanken, das die Logistikwerkstatt Graz jedes Jahr aufs Neue mit einem Selbstverständnis zu einem vollen Erfolg werden lässt.

Die Technische Universität Graz und der Verein Netzwerk Logistik freuen sich auf ein Wiedersehen am 25. und 26. Mai 2027 in Graz, dem Intralogistik-Hotspot mitten im Grünen Herzen Österreichs, der Steiermark.

Ganz liebe Grüße und hoffentlich bis bald,
(Univ.-Prof. Dr.-Ing.) Domenik (Kaefer, M.Sc.) #LogistikDU



Sponsoren



Programm 27.05.2026

08:30 – 09:00	Frühstückskaffee u. Networking
Begrüßung	
09:00 – 09:25	Horst Bischof, Rektor der TU Graz Franz Haas, Dekan der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften der TU Graz Domenik Kaever, Professor am Institut für Technische Logistik der TU Graz Christian Landschützer, Professor am Institut für Technische Logistik der TU Graz
KEYNOTE	
09:25 – 09:50	NEURA Robotics GmbH Kognitive und Humanoide Robotik als künftige Unterstützung in Ihren Logistikprozessen <i>Tobias Köhler</i>
Best Practises	
09:50 – 10:10	Österreichische Post AG + SYNAOS GmbH Die Logistik der Zukunft – Intelligente Automatisierung im Zusammenspiel mit dem Menschen <i>Kamran Karimi Moozarmi, Timo Staedele</i>
10:10 – 10:30	Safelog GmbH Praxiseinblicke in die Automatisierung von Goods-to-Person-Prozessen mit mobilen Robotern <i>Michael Martin</i>
10:30 – 10:50	LKH-Univ. Klinikum Graz + STILL GmbH Logistik am LKH-Univ. Klinikum Graz Innovative Ansätze mit Fokus auf Automatisierung <i>Michael Kazianschütz, Karl Weitesser</i>
10:50 – 11:20	Kaffee u. Networking, Besichtigung(en), Posterausstellung
Normen, Standards, Flottenmanagement	
11:20 – 11:40	KIT VDA 5050: Eine gemeinsame Sprache für mobile Roboter <i>Constantin Enke</i>
11:40 – 12:00	openmaind FlexCo Flottenorchestrierung so einfach wie Google Maps – weil Komplexität kein Standard sein sollte & <i>Michael Reip</i>
12:00 – 12:20	MHP Management- und IT-Beratung GmbH Standardisierte Flottensteuerung: Einsatz von VDA 5050 im Praxisprojekt <i>Philip Grabscheit</i>
12:20 – 12:40	ARTI - Autonomous Robot Technology GmbH Standards sind kein Selbstzweck – autonome Flotten brauchen verlässliche Technologien <i>Alexander Buchegger</i>
12:40 – 13:45	Mittagessen u. Networking, Besichtigung(en), Posterausstellung
KEYNOTE	
13:45 – 14:20	TU Graz Aktuelle Entwicklungen bei Antriebssystemen und automatisiertem Fahren in Personen- und Güterverkehr <i>Arno Eicherger, Helmut Eichlseder</i>
Hardware and more	
14:20 – 14:40	KNAPP AG AMRs as the Core of Modern Logistics: Combining high throughput with maximum flexibility <i>Stefan Kaltner</i>
14:40 – 15:00	DS Automotion GmbH Wenn Standard nicht reicht – Erfahrungen aus kundenspezifischen AGV-Projekten <i>Daniel Reitmayr</i>
15:00 – 15:20	Siemens AG Industrielle Skalierung mobiler Robotik durch Standardisierung und Interoperabilität <i>Jonathan Sagmeister</i>
15:20 – 15:35	Schneller Kaffee u. Networking
Hardware and Simulation	
15:35 – 15:55	Beldrive Engineering GmbH Alternative und nachhaltige Materialkonzepte für AGV <i>Thomas Wagner</i>
15:55 – 16:15	Mobile Industrial Robots Mobile Cobots im Einsatz – Wie MiR den Materialfluss revolutioniert <i>Johannes Prack</i>
16:15 – 16:35	TGW Logistics GmbH Herausforderungen in der mobilen Robotik <i>Martin Tiefenbrunner</i>
16:35 – 16:55	Diskussionsrunde
Abschluss	
16:55 – 17:15	Zusammenfassung, Einblick in die Expert:innenrunde „Technische Logistik“ u. Verabschiedung
ab 17:15	Getränke, Ausklang u. Networking



Inhaltsverzeichnis

Referent:innen der Logistikwerkstatt Graz 2026	1
Tagungsbeiträge der Logistikwerkstatt Graz 2026	11
1. Kognitive und Humanoide Robotik als künftige Unterstützung in Ihren Logistikprozessen	12
<i>Tobias Köhler</i>	
2. Die Logistik der Zukunft – Intelligente Automatisierung im Zusammenspiel mit dem Menschen	27
<i>Kamran Karimi Moozarmi, Timo Staedele</i>	
3. Praxiseinblicke in die Automatisierung von Goods-to-Person-Prozessen mit mobilen Robotern	38
<i>Michael Martin</i>	
4. VDA 5050: Eine gemeinsame Sprache für mobile Roboter	47
<i>Constantin Enke</i>	
5. Von Flottenorchestrierung so einfach wie Google Maps – weil Komplexität kein Standard sein sollte	55
<i>Michael Reip,</i>	
6. Standardisierte Flottensteuerung: Einsatz von VDA 5050 im Praxisprojekt.....	63
<i>Philip Grabscheit</i>	
7. Standards sind kein Selbstzweck – autonome Flotten brauchen verlässliche Technologien ...	73
<i>Alexander Buchegger</i>	
8. Aktuelle Entwicklungen bei Antriebssystemen und automatisiertem Fahren in Personen- und Güterverkehr	80
<i>Arno Eichberger, Helmut Eichlseder</i>	
9. AMRs as the Core of Modern Logistics: Combining high throughput with maximum flexibility .	97
<i>Stefan Kaltner</i>	
10. Wenn Standard nicht reicht – Erfahrungen aus kundenspezifischen AGV-Projekten.....	106
<i>Daniel Reitmayr</i>	
11. Industrielle Skalierung mobiler Robotik durch Standardisierung und Interoperabilität	114
<i>Jonathan Sagmeister</i>	
12. Alternative und nachhaltige Materialkonzepte für AGV	123
<i>Thomas Wagner</i>	
13. Mobile Cobots im Einsatz –Wie MiR den Materialfluss revolutioniert.....	133
<i>Johannes Prack</i>	

Posterbeiträge der Logistikwerkstatt Graz 2026 142

14. Entwicklung einer Android-Applikation zur einzigartigen automatisierten Steuerung einer Drohne in einem Logistikkabor 143
Ákos Cservenák
15. Kooperative Transporte mit mobilen Robotern: Vorteile, Anwendungsfälle und Herausforderungen 148
Lukas Karzel, Jonas Nölcke, Robert Schulz
16. Forschung wird zum Standard. M2X – Eine einheitliche Kommunikation in der mobilen Robotik 153
Sven Franke
17. Roboter bewegen – Module arbeiten – Fähigkeiten entscheiden 158
Alexander Ernst, Pietro Schumacher
18. Unlocking the Potential of Mobile Robotics for Automation of Parcel Hub Logistics..... 164
Harald Steinkellner, Domenik Kaefer
19. EventRec – Hochgeschwindigkeits-Wahrnehmung für die Logistik 169
Moritz Roidl
20. Effiziente Intralogistik durch autonome mobile Roboter im Smart Production Lab der FH JOANNEUM Kapfenberg 174
Christian Burkart, Johannes Dirnberger-Wild, Markus Hösele, Dominik Reischl



Referent:innen der Logistikwerkstatt Graz 2026



Tobias Köhler

- Business Partner Manager bei NEURA Robotics



Kamran Karimi Moozarmi

- Projektmanagement Infrastruktur bei der Österreichischen Post AG

Timo Städele

- Senior Account Executive bei SYNAOS
- Verantwortlich für Business Development in Asien sowie für die Gewinnung und Entwicklung von Kundenbeziehungen – von der ersten Qualifizierung bis zum Abschluss komplexer B2B-Projekte im Bereich autonomer Intralogistiklösungen von SYNAOS.
- **Motto:** „Irgendwie klappt's. Bisher immer.“



Michael Martin

- Business Development bei der SAFELOG GmbH
- Entwicklung neuer Geschäftsfelder sowie der dazugehörigen Partnerschaften und Lösungen mit Fokus auf hardwareunabhängige Software für Mobile Robotik im Gesamtsystem.
- **Motto:** „Simple, repeatable, reliable“



Dipl. KHBW

Michael Kazianschütz, MBA, MSc

- Bereichsleiter Wirtschaft / Logistik und Leiter Stabsstelle Supply Chain Management am LKH-Univ. Klinikum Graz



DI (FH)

Karl Weitesser

- Geschäftsführung der Landesgesellschaft STILL Österreich



Constantin Enke ^{MSc.}

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Leiter der technischen Entwicklung VDA 5050, Forschungsgebiet Flotten heterogener mobiler Roboter und KI in der mobilen Robotik
- **Motto:** „Interoperabilität entsteht nicht durch einen Standard wie die VDA 5050 allein, sondern durch die Community, die dahintersteht.“



Dr.

Michael Reip, ^{EMBA}

- CEO & Co-Founder bei openmaid FlexCo
- KI-basierte, herstellerunabhängige Flottenorchestrierung für mobile Roboter (AMRs/AGVs)
- **Motto:** „Europa kämpft um Wettbewerbsfähigkeit – und verschenkt sie täglich in den Gängen seiner Fabriken.“



Philip Grabscheit

- Systemintegration und Projektkoordination im Bereich Digital Factory & Supply Chain bei der MHP Management- und IT-Beratung GmbH
- **Motto:** „Wo Logik auf Bewegung trifft, entsteht Effizienz.“

Alexander Buchegger

- COO/ Leiter der Softwareentwicklung bei der ARTI – Autonomous Robot Technology GmbH



Assoc.-Prof. Dr.

Arno Eichberger

- Institutsleiter Institut für Fahrzeugtechnik (interimistisch)
- Leiter des Arbeitsbereichs ADAS (assistiertes und automatisiertes Fahren)

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Helmut Eichlseder

- Universitätsprofessor am Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme der Technischen Universität Graz



Stefan Kaltner

- Product Management bei KNAPP Industry Solutions

Daniel Reitmayr

- Projektierung und Vertrieb / Sales Manager bei der DS Automotion GmbH



Jonathan Sagmeister

- System Architect für flexible Produktion mit Schwerpunkt auf mobiler Robotik (AGV/AMR) und integrierten Produktionssystemen bei der Siemens AG Österreich
- **Motto:** „Flexibilität entsteht im Zusammenspiel des Systems.“



Dipl. Ing. (FH)

Thomas Wagner

- CEO Geschäftsführung, Strategische Unternehmens- und Produktentwicklung bei Beldrive Engineering GmbH
- **Motto:** „Ideen in Bewegung.“



Dipl. Ing.

Johannes Prack

- Applications Engineer - Pre&Post Sales bei der Teradyne Robotics GmbH
- **Motto:** „Logistik durch intelligente Automatisierung effizienter und zukunftssicher gestalten.“

Martin Tiefenbrunner MSc.

- Portfolio Manager bei der TGW Logistics GmbH

Tagungsbeiträge der Logistikwerkstatt Graz 2026



Kognitive und Humanoide Robotik als künftige Unterstützung in Ihren Logistikprozessen

Tobias Köhler

Kognitive und Humanoide Robotik als künftige Unterstützung im Logistikprozess

NEURA
ROBOTICS

00 | Agenda

NEURA

1. Introduction Neura Robotics
2. Portfolio - Products
3. Neuraverse
4. NEURA Gym



01 | Introduction

NEURA

Meet NEURA Robotics

2019
Founded

10x
Growth YoY

+9bn€
Pipeline

4/10
Largest robotics firms white label our products

1.200+
Employees

We are award-winning

Tech made in Germany

MADE IN GERMANY

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

4

01 | Introduction

Our societies are getting older. Fast.

Elderly population projections:
2025 vs. 2035 and % of population in millions



China (60+)

310

400

22%

30%



Japan (65+)

36

38

29%

33%



Germany (65+)

21

24

25%

29%

Sources: National Health Commission projections; Pew Research Center; Statistics Bureau of Japan; National Institute of Population and Social Security Research; Federal Statistical Office (Destatis); WHO Ageing Data.

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

NEURA



5

01 | Introduction

We are losing our labor force

Projected decline in working-age population (15–64) from 2020 to 2050 in Millions.

220



China (15-59)

35



Europe (15-64)

22



Japan (15-64)

Sources: United Nations World Population Prospects 2024; Eurostat (EU27 baseline); National Institute of Population and Social Security Research (Japan)

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

NEURA



6

15



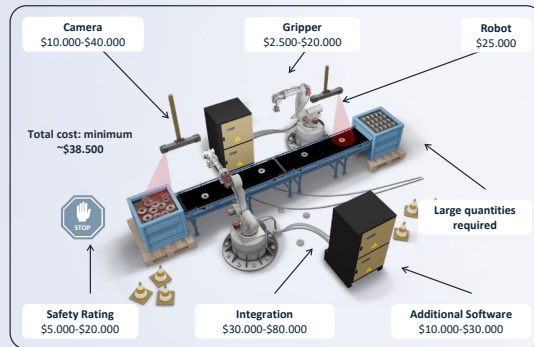
01 | Introduction

NEURA

Traditional robotics is too cumbersome — we've transformed the field by designing robots inspired by human cognition

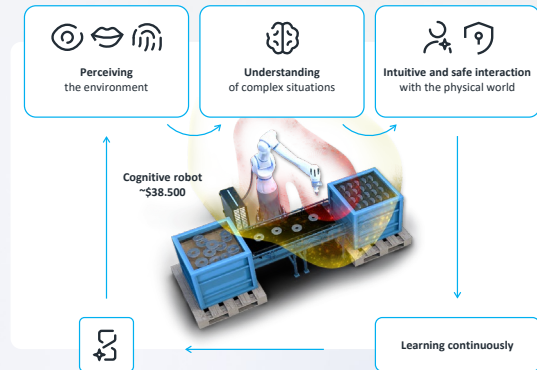
Traditional approach

Many components. Limited safety features. Complex programming. Inflexible. Limited industrial potential.



NEURA's approach

All-in-one. TÜV-certified safety features. Easy installation. Cognitive abilities. Endless industrial applications.



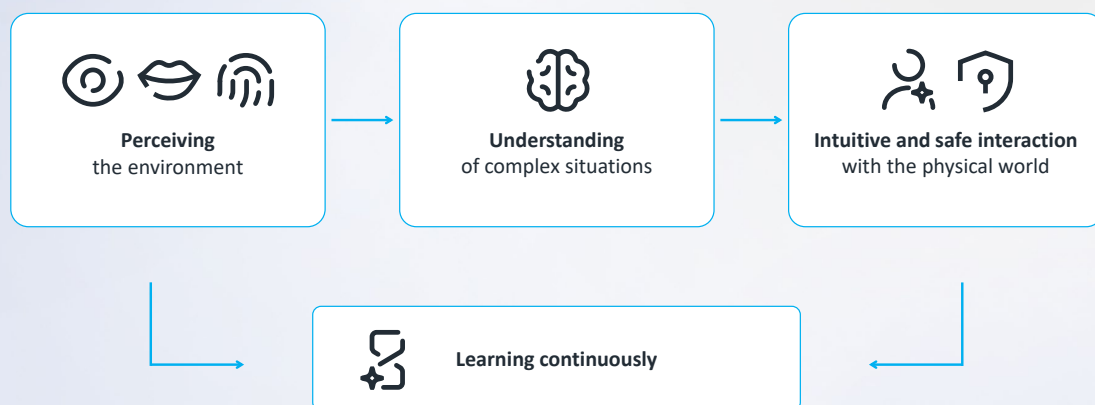
© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

7

01 | Introduction

NEURA

Bringing cognitive abilities to robots



© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

8



02 Portfolio

9

02 | Portfolio

Making AI physical across all applications and use cases

LARA **MAIRA** **MAV+** **MiPA** **4NE1**

USP	Low cost	Cognitive & easy use	Mobile heavy-duty platform	Safe personal assistant	Flexible & versatile
Purpose	Industrial	Industrial	Logistics / Industrial	Service / Home / Care	All
Handling	Tablet	Voice, Gesture, Touch	Tablet, Voice, Gesture	Voice, Gesture	Voice, Gesture
Payload	3 – 30 kg	9 – 18 kg	500 – 1000 kg	10 kg	10-100 kg
Reach	590 – 1800 mm	1100 – 1600 mm	mobile	mobile	mobile
Cognitive	with add-on	✓	✓	✓	✓

Already in the market with NEURA's partners

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

10



02 | Portfolio

We offer cognition across all forms for industry and home

NEURA

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

11

02 | Portfolio

Lightweight Agile Robotic Assistant

LARA

NEURA

Pre-built applications ready for deployment	Protection IP54/IP66	
Payload (kg) 3–30	Safety Cobot	Running on Neuraverse platform
Reach (mm) 590–1800	Movement capabilities 6 DoF	Certified Safety Architecture (PLd3/SIL3)
Speed (°/s) 200	Operating Time (h) 24/7	Repeatability (mm) 0.02–0.05

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

12

02 | Portfolio

Multi-sensing intelligent Robotic Assistant

MAiRA



Multi-modal Cognitive Interaction

rce-Torque nsor
EURA Touch"

Dynamic Payload Adjustment

Reach (mm)
1100–1600

Protection
IP 65

Payload (kg)¹
9–18

Weight (kg)
51–56

Vision
360°

Repeatability (mm)
Up to
± 0.01

DoF² total
7

Speed (m/s)
4,5

Multi-lingual Understanding

3D Voice Recognition

(1) Lower number indicates payload for full workspace, higher number indicates payload for application specific smaller workspace and reduced speed.

(2) DoF = degrees of freedom, number of independent movements

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

13

02 | Portfolio

Multi-sensing Autonomous Vehicle

MAV +



Continuous 24/7 Operation

Running Time (h)
7/10

Payload (kg)
500–1500

Dynamic Mapping and Route Selection

Running on **Neuraverse** platform

Speed up to (m/s)
1.5

Weight (kg)
300–400

MAV +
Combined with a collaborative robot enables full automation

Easy Fleet Management

Protection
IP44

Position accuracy (mm)
5

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

14

MiPA



	egrated AI, veloped in- use	Natural Language Interaction Computer Vision Reinforcement Learning	
	otion duration (h) —8	Payload (kg) ¹ 10	Touchless Safe Human Detection
	ulti-language ice cognition	Movement Capabilities ² 16DoF	Fully Autonomous
	vigation and reception nsors	Sim-Real Training	(1) Case dependent (2) DOF= degrees of freedom, number of independent movements of robot base without end-effectors

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

15

4NE1



	uch-Sensitive nsor Skin	Natural Language Interaction Computer Vision Reinforcement Learning	
	erating time 4/7	Payload (kg) ¹ 10–100	Touchless Safe Human Detection
	mputer Vision 60°	Own Hands ² 12 DoF	DoF ² total 55
	ontrol Voice Remote	(1) Case dependent (2) DOF= degrees of freedom, number of independent movements	

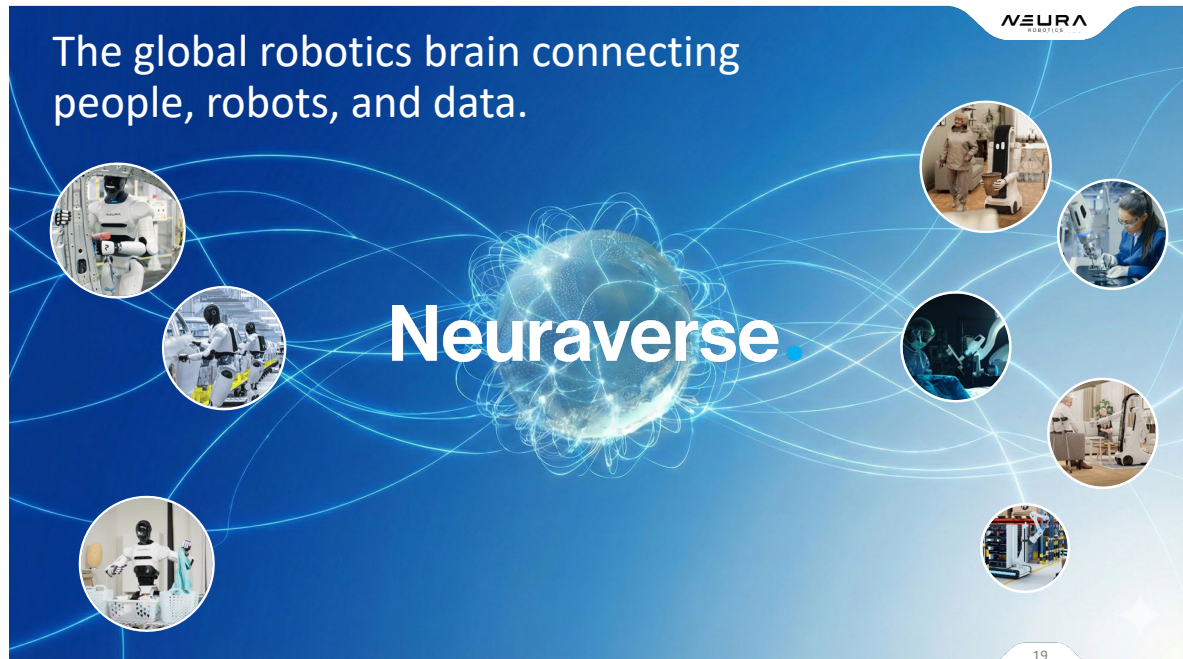
© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

16



The global robotics brain connecting people, robots, and data.

Neuraverse

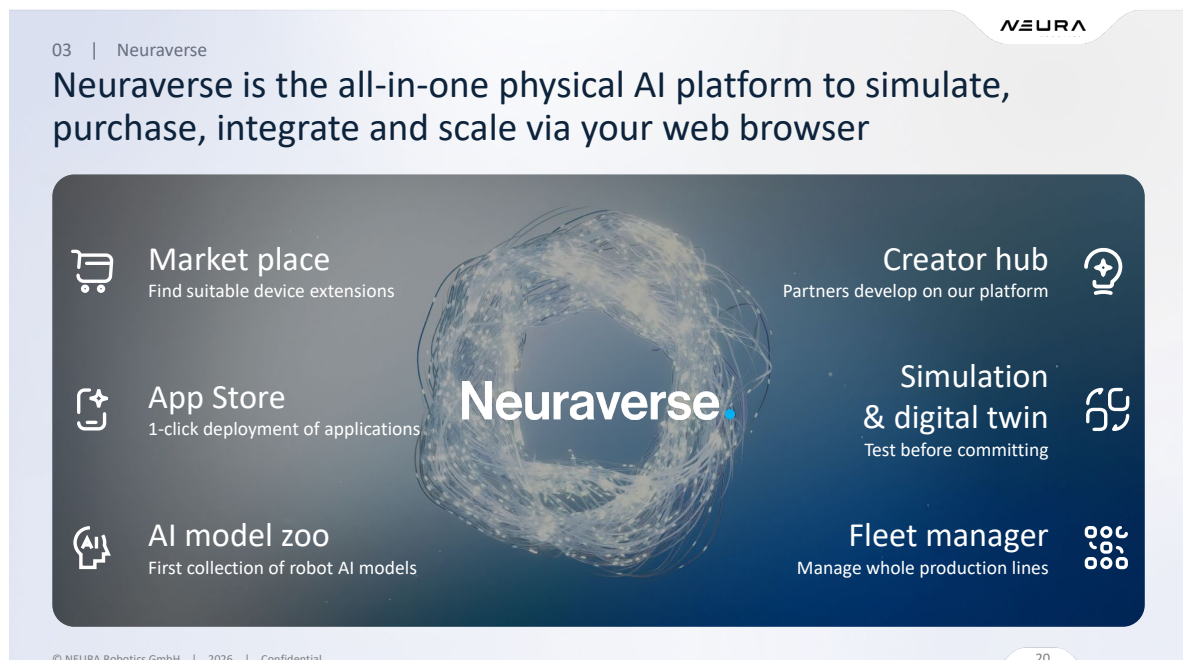


The slide features a central graphic of a glowing globe with a network of blue lines connecting it to various circular images of robots and people working. The word "Neuraverse" is prominently displayed in the center. The NEURA Robotics logo is in the top right corner.

19

03 | Neuraverse

Neuraverse is the all-in-one physical AI platform to simulate, purchase, integrate and scale via your web browser



The slide displays the Neuraverse platform interface with a central "Neuraverse" logo. Surrounding the logo are six feature boxes, each with an icon and a description:

- Market place**: Find suitable device extensions
- App Store**: 1-click deployment of applications
- AI model zoo**: First collection of robot AI models
- Creator hub**: Partners develop on our platform
- Simulation & digital twin**: Test before committing
- Fleet manager**: Manage whole production lines

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

20

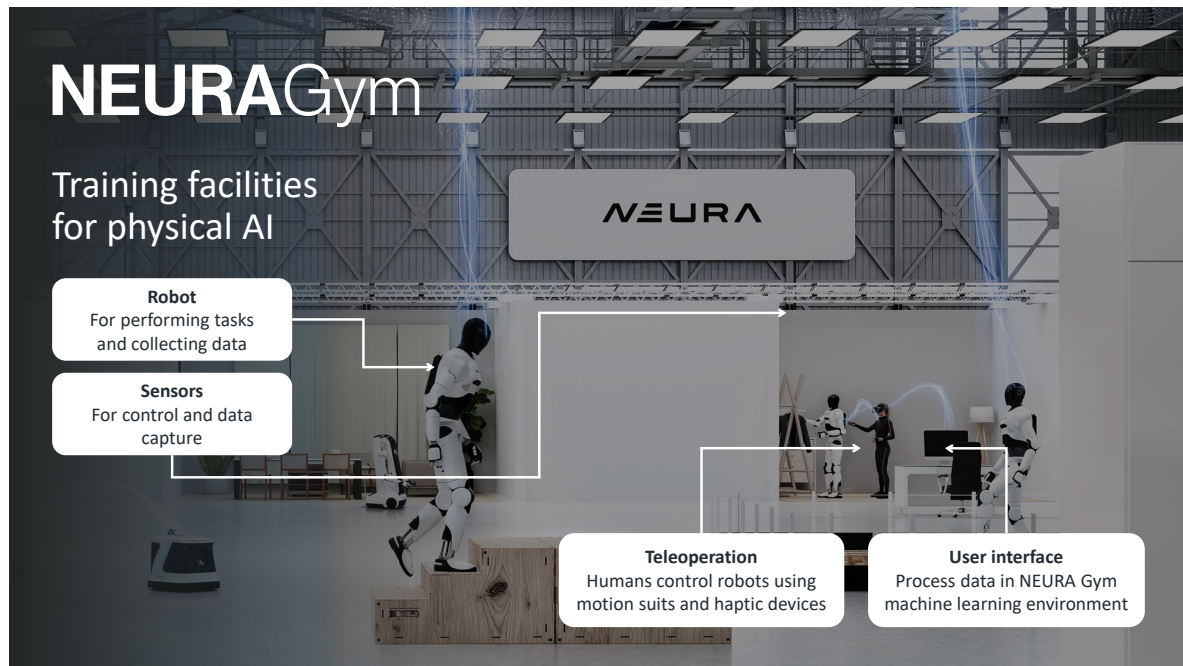
The diagram illustrates the AURA Ai architecture. At the center is a black circle labeled "AURA Ai". To its left is a "Model Zoo" represented by a 4x5 grid of 20 white squares, each containing a black icon representing a different appliance or tool. To the right of the central circle are three "Problem Sets", each enclosed in a white box. The "Household" set contains three icons (dishwasher, oven, refrigerator). The "Medical" set contains three icons (hospital building, stethoscope, pill bottle). The "Repairs & Maintenance" set contains three icons (wrench, screwdriver, pliers). Dashed lines connect the central "AURA Ai" circle to the "Model Zoo" and the "Problem Sets".

21



04 NEURA Gym

22



04 | NEURA Gym

NEURA

An environment where humans perform real-world tasks in authentic environments using robotic systems to collect data

Ready to deploy to meet immediate market demand

Bridges the Sim2Real gap with real world operation

One platform approach with a full stack solution

NEURA

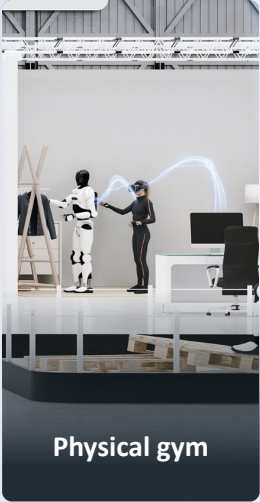
© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

24

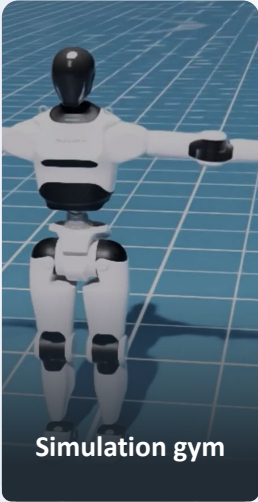
The slide features a wide-angle view of the NEURA Gym facility. It shows multiple humanoid robots in motion, some interacting with objects on the floor. A person in a motion suit is visible in the background, controlling the robots. The environment is a large, open space with industrial aesthetics. The NEURA logo is visible in the top right corner and in the center of the slide.

04 | NEURA Gym

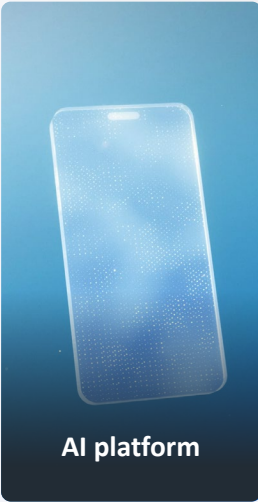
NEURA Gym architecture



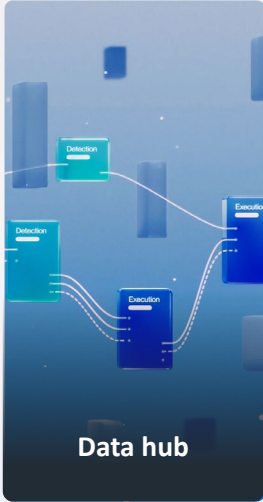
Physical gym



Simulation gym



AI platform



Data hub

© NEURA Robotics GmbH | 2026 | Confidential

25





Legal disclaimer & confidentiality notice

Confidentiality

This presentation contains proprietary and confidential information belonging to Neura Robotics GmbH (NEURA). It is intended solely for the internal use of the designated recipient(s). Unauthorized disclosure, copying, distribution, or use of the contents without prior written consent from NEURA is strictly prohibited.

General disclaimer & AI usage

The information presented reflects the status as of 2026. While all figures and data are based on the latest available information, they are subject to change without notice. Certain visual elements within this presentation may be generated or enhanced by Artificial Intelligence (AI) for illustrative purposes and may not represent exact final product specifications.

Forward-looking statements

This presentation includes forward-looking statements regarding future events, product development roadmaps, and projected performance. These statements are based on current expectations and are subject to risks and uncertainties inherent in the robotics and technology sectors. Actual results may differ materially from those anticipated. NEURA assumes no obligation to update these statements to reflect subsequent events or circumstances.

Die Logistik der Zukunft – Intelligente Automatisierung im Zusammenspiel mit dem Menschen

Kamran Karimi Moozarmi, Timo Staedele

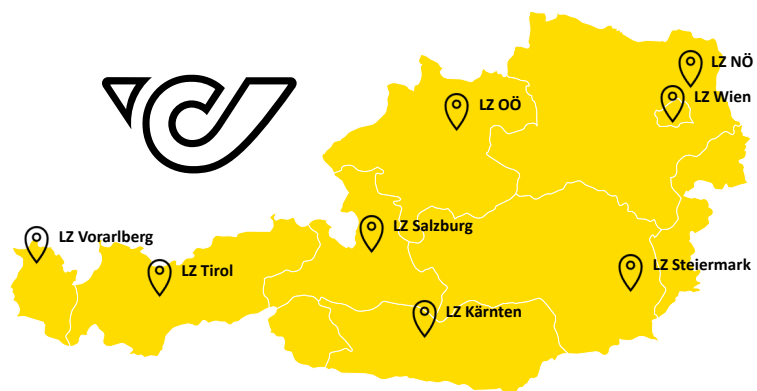
LOGISTIK DER ZUKUNFT

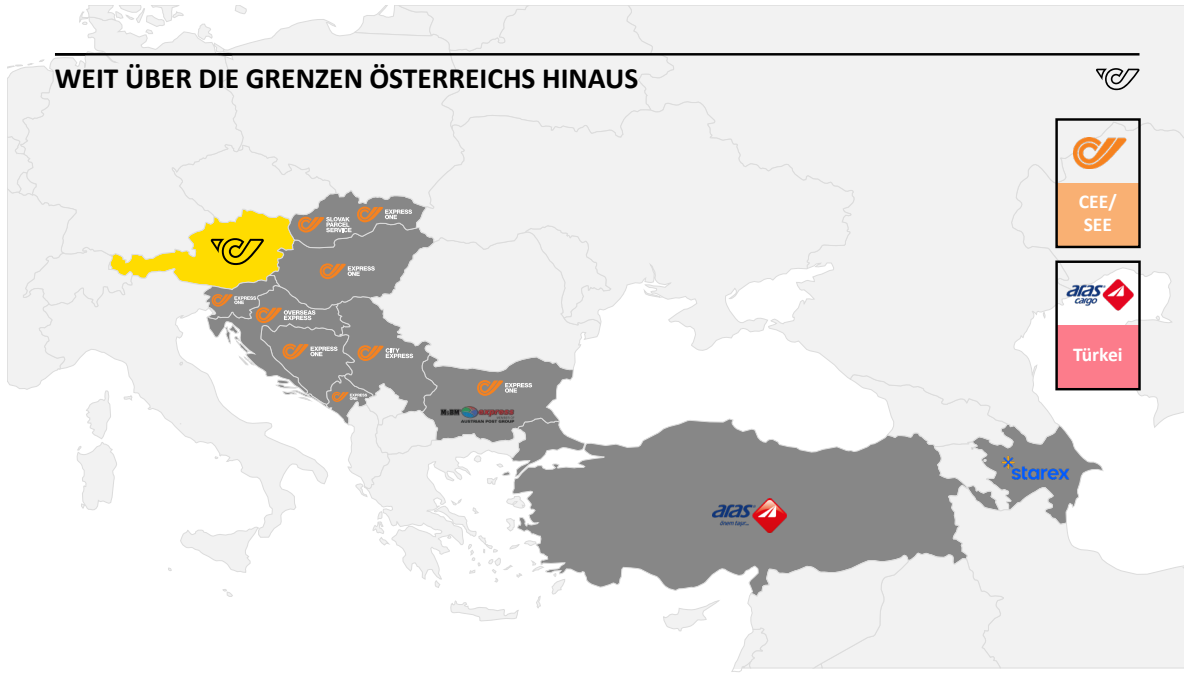


Kamran Karimi Moozarmi
Projektmanagement Infrastruktur



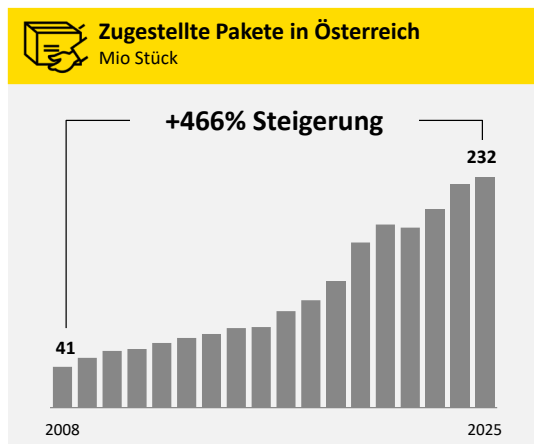
ÖSTERREICHISCHE POST AG



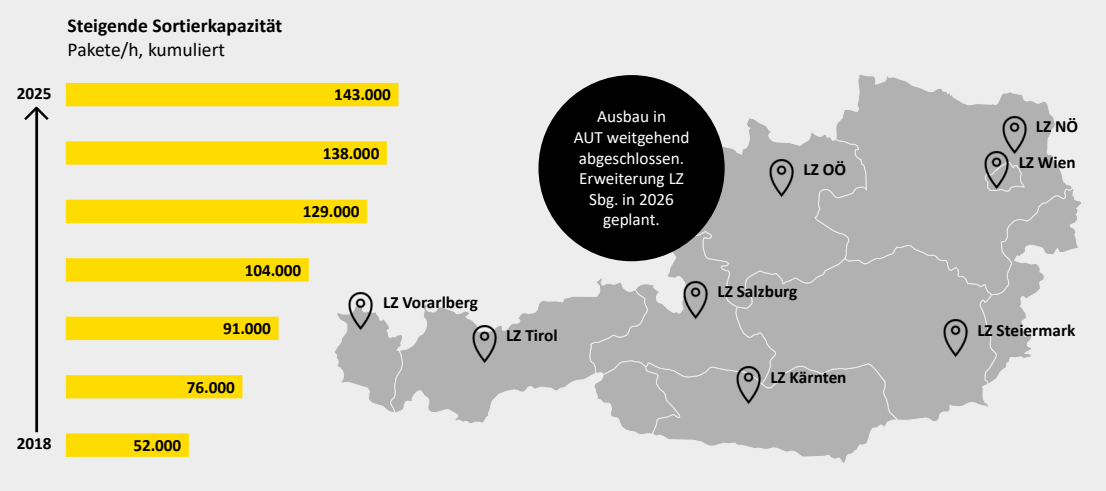




PAKET ÖSTERREICH MIT WEITEREM WACHSTUM

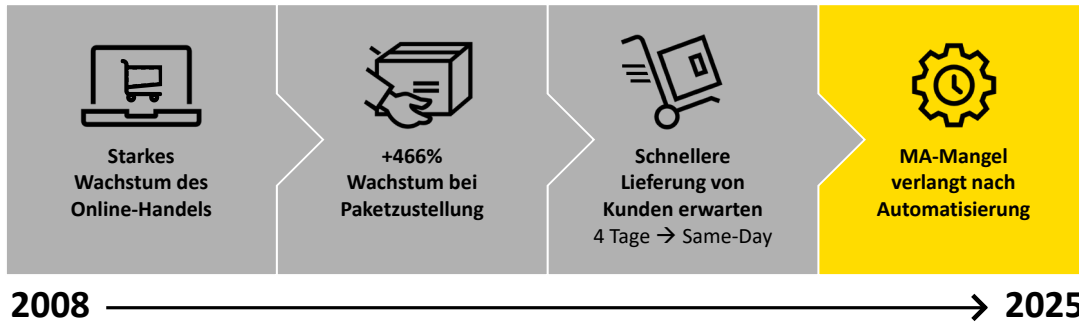


LOGISTIK-LEISTUNGSFÄHIGKEIT IN ÖSTERREICH WÄCHST STETIG



ONLINE-HANDEL VERÄNDERT MARKTANFORDERUNGEN

Entwicklungen von Paketmengen & Liefergeschwindigkeiten



AUTOMATION NEVER STOPS!





IST ANALYSE



01 Produktionsabläufe analysiert

- 200 Transportrouten wurden identifiziert und dokumentiert.

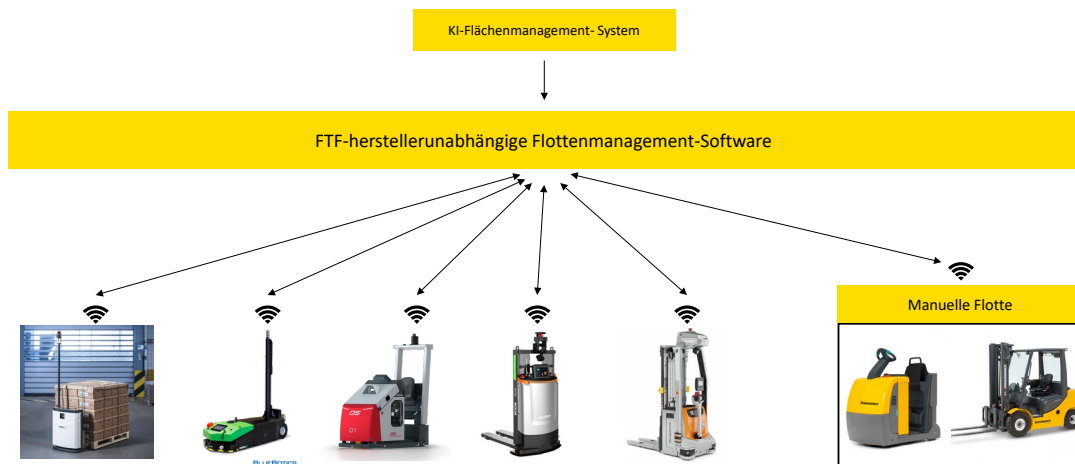
02 Use Cases identifiziert

- Mehr als 25 Use Cases
- Beispiel: Transport von bereits sortierten Sendungen in der RBH zur Pufferfläche

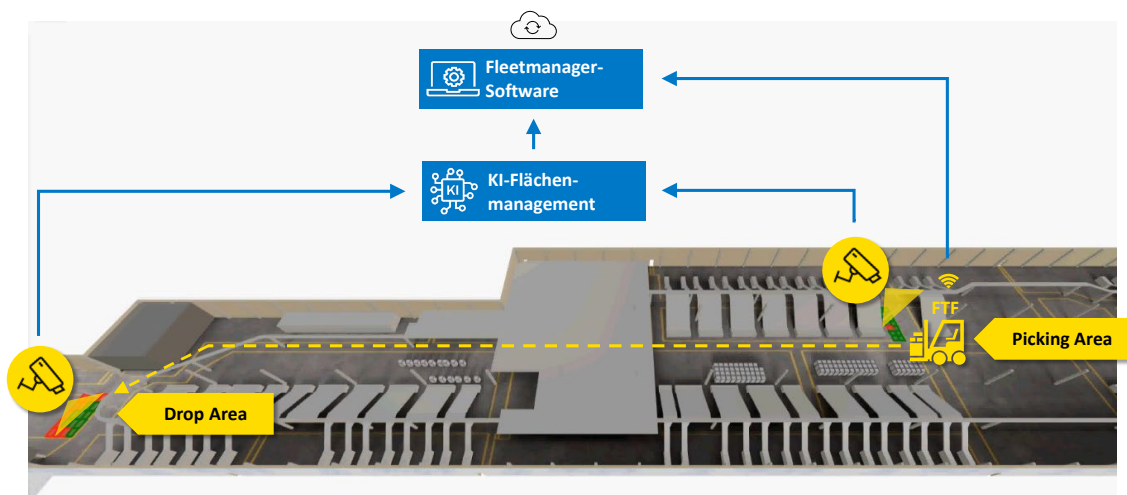
03 Marktanalyse

- Fleetmanager-Software und AGV/AMR Hersteller Recherche
- Computervision-Systeme

INDIVIDUELLES KONZEPT/LÖSUNG



AUTOMATISIERTE TRANSPORT PROZESS



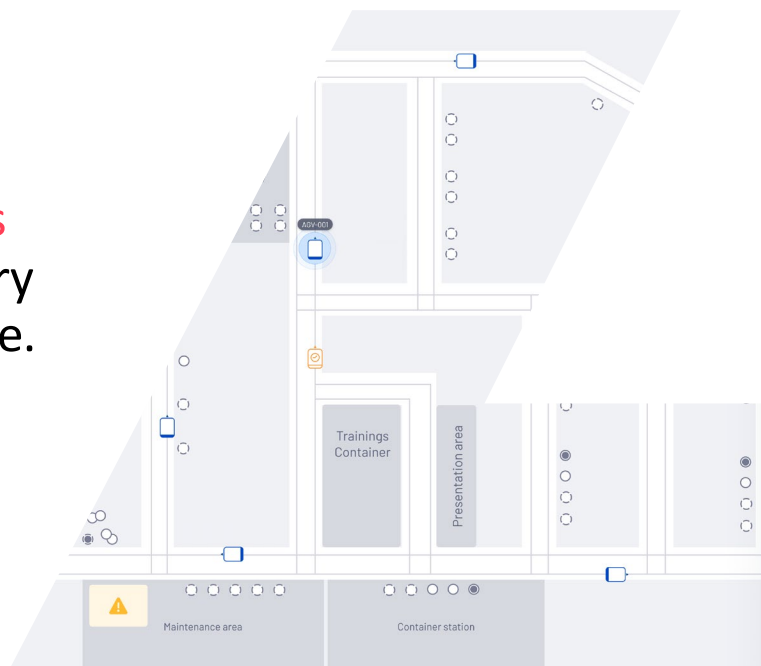


HERZLICHEN DANK.

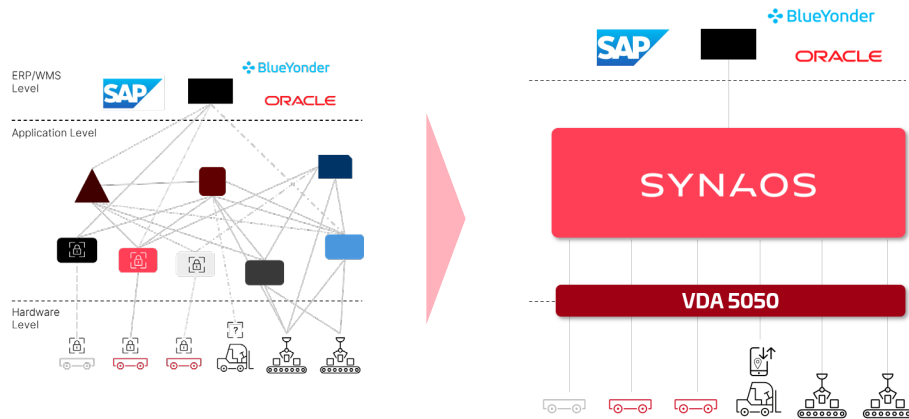
SYNAOS

The **intralogistics**
platform for every
automation stage.

SYNAOS GmbH · Logistikwerkstatt Graz 2026
Timo Städele | Senior Account Executive



SYNAOS Für die Intralogistik

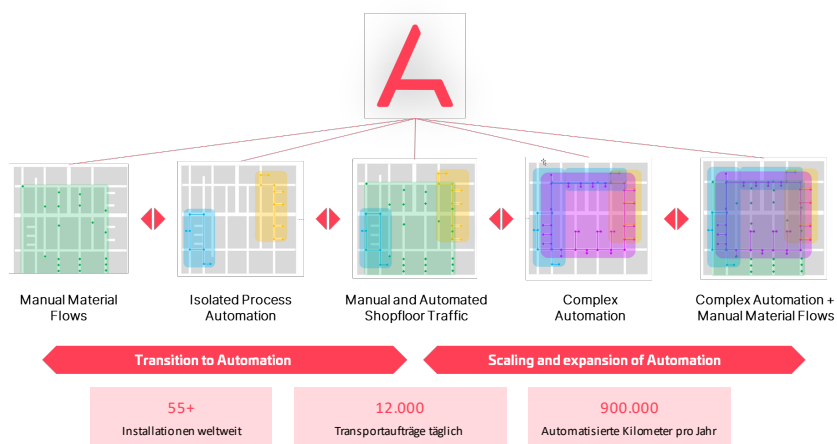


SYNAOS

2

SYNAOS CONFIDENTIAL

Eine Plattform für alle Szenarien



SYNAOS

3

SYNAOS CONFIDENTIAL



SYNAOS Mobile Robot
Finder

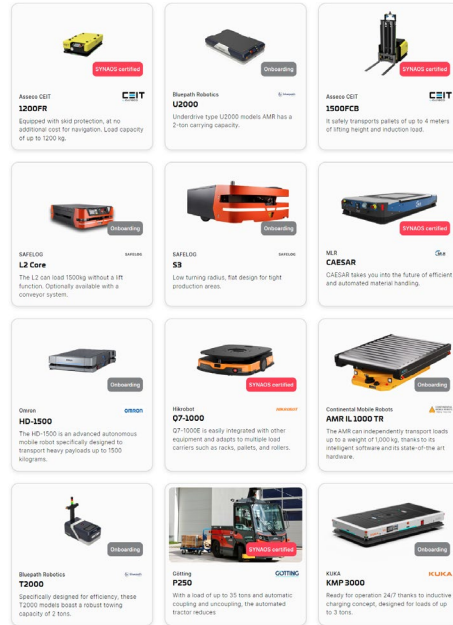


VDA5050 – Der Standard für die Industrie

Ausgewählte SYNAOS Partner



SYNAOS



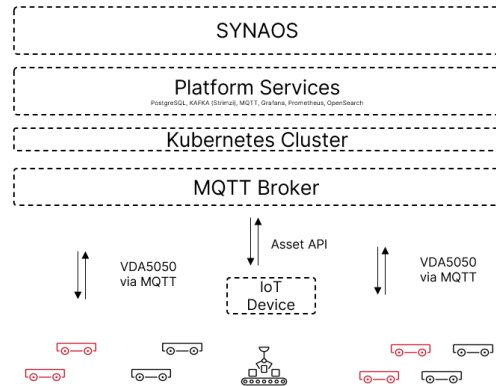
Zahlen & Fakten



SYNAOS

Gebaut für Enterprise. Gebaut für 24/7.

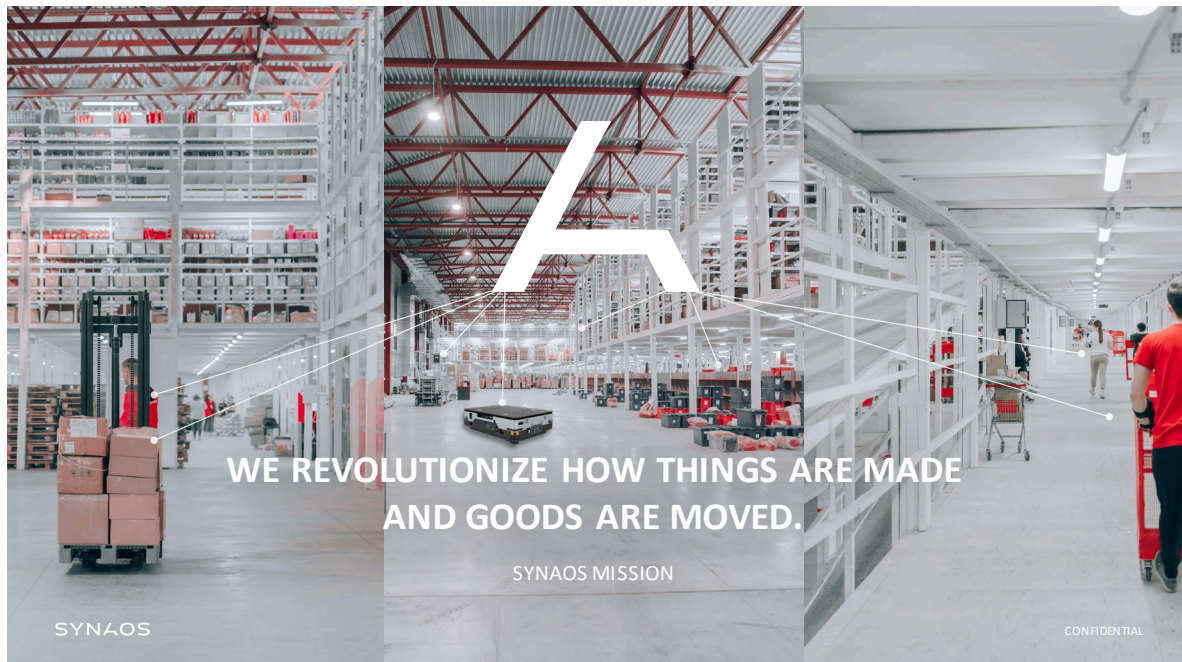
- Kubernetes-native · Microservices · Docker/Helm
- SaaS (AWS) oder Private Customer Cloud
- Event-driven via Apache Kafka intern
- VDA 5050 über MQTT zu Fahrzeugen
- REST API (OpenAPI 3.0) zu ERP/WMS/MES
- AWS Manufacturing & Industrial Competency Partner
- ISO 27001 zertifiziert · TISAX-konform



SYNAOS

6

SYNAOS CONFIDENTIAL





Praxiseinblicke in die Automatisierung von Goods-to-Person-Prozessen mit mobilen Robotern

Michael Martin



PRAXISEINBLICKE IN DIE AUTOMATISIERUNG VON GOODS-TO-PERSON-PROZESSEN MIT MOBILEN ROBOTERN

LOGISTIKWERKSTATT GRAZ 2026 - ZUKUNFT MOBILE ROBOTIK | MICHAEL MARTIN

SAFELOG

LOGISTIKWERKSTATT GRAZ 2026 | ZUKUNFT MOBILE ROBOTIK 3

VOM WARENEINGANG ZUM VERSAND: WO ES WIRKLICH HAKT



Geringe Flexibilität durch starre, manuelle Prozesse

„Ein Großteil der Arbeitsplätze in der Intralogistik ist weiterhin durch manuelle Tätigkeiten geprägt.“⁽¹⁾

- Fraunhofer / TU Darmstadt -

Hohe Fehleranfälligkeit in der Kommissionierung

„Manuell durchgeführte Kommissionierung ist stark abhängig von der menschlichen Leistung; Fehler wirken sich direkt auf Qualität und Kosten aus.“⁽²⁾

- Logistics Journal -



Lange Laufwege und ineffiziente Materialflüsse

„Beschäftigte legen oft viele Kilometer pro Schicht zurück.“⁽³⁾

- Fachbeitrag Dein|KVP -

Hohe körperliche Belastung und ergonomische Defizite

„Kommissionierungsprozesse sind mit umfangreichen Bück- und Hebevorgängen verbunden – und damit alles andere als ergonomisch.“⁽⁴⁾

- Springer – Ergonomie in der Intralogistik -



SAFELOG

GOODS-TO-PERSON: WENN DIE WARE ZUM MENSCHEN KOMMT

Prinzip "Ware-zum-Mann" (WzM)

Entsprechend der Namensgebung wird dem Kommissionierer nach dem Prinzip "Ware-zum-Mann" die Ware dynamisch bereitgestellt. Hierbei findet keine Bewegung des Kommissionierers statt, d.h. der Kommissionierer bleibt an seinen Kommissionierplatz gebunden und die Artikel werden ihm über zugeführt. ⁽⁵⁾

- Logistikkompodium Technische Universität München -


Optimale Gestaltung
der Entnahmeplätze


Reduktion der
Laufwege


Hohe
Flexibilität


Geringere
Fehleranfälligkeit

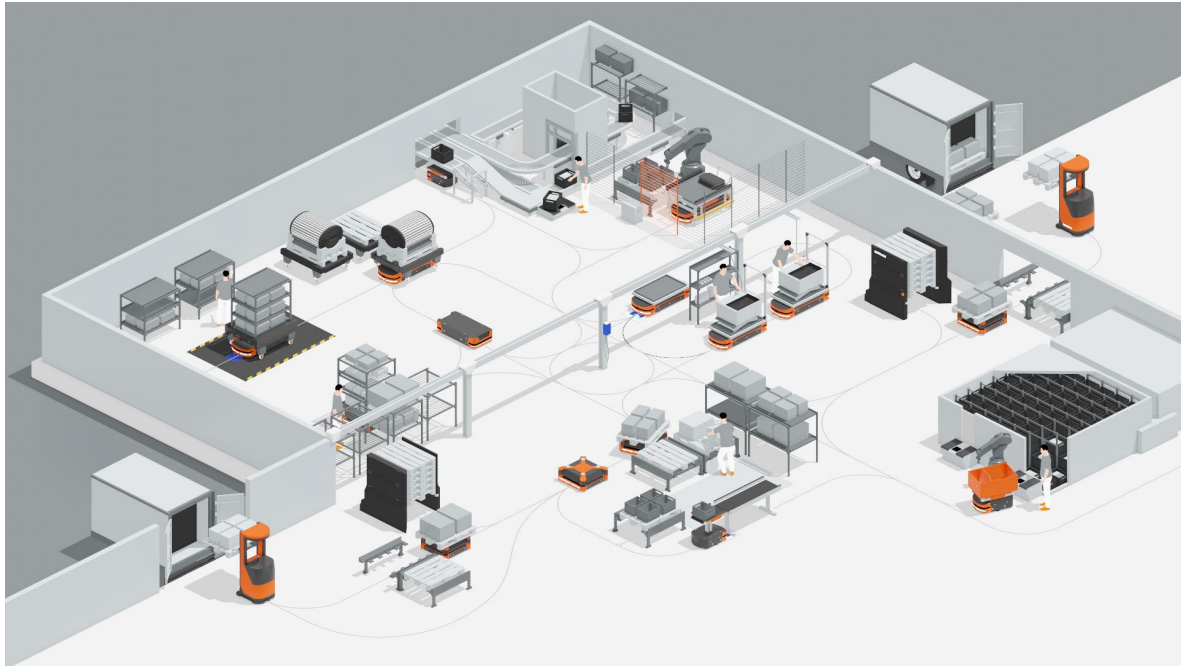

Höhere
Kommissionierleistung

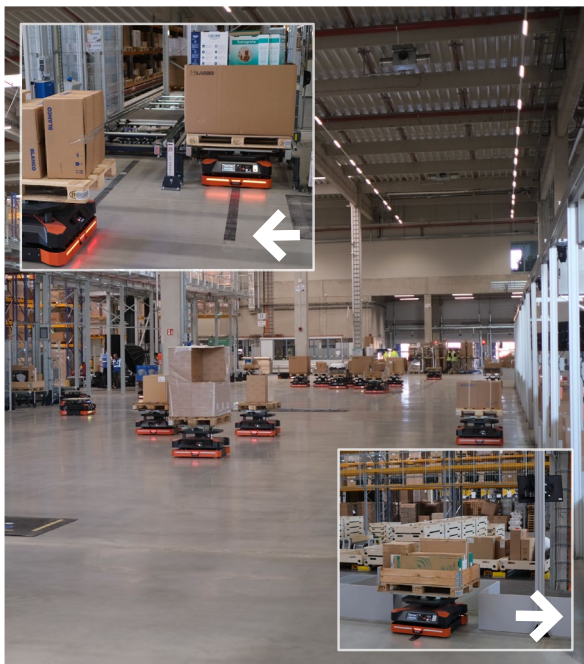
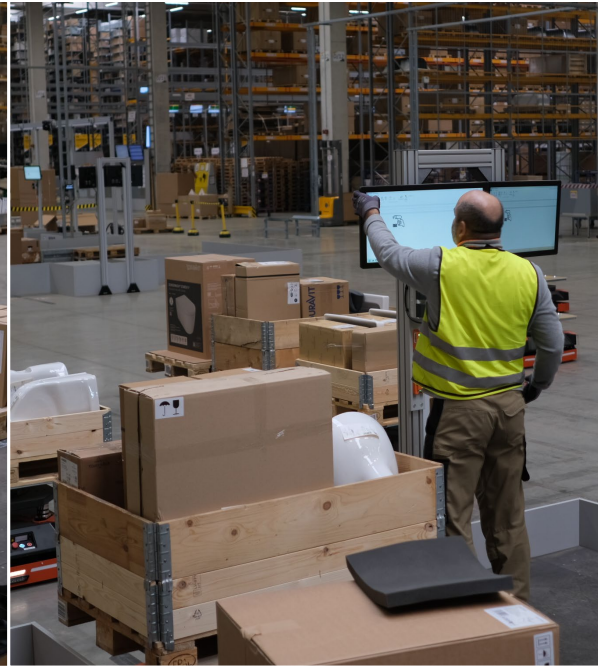
...
SAFELOG

GOODS-TO-PERSON IN DER PRAXIS: BEISPIELE AUS HANDELSUNTERNEHMEN

PALLET-TO-PERSON | SHELF-TO-PERSON | TOTE-TO-PERSON

SAFELOG





LOGISTIKWERKSTATT GRAZ 2026 | ZUKUNFT MOBILE ROBOTIK 9

REUTER

RHEINDAHLEN, GERMANY | E-COMMERCE, RETAIL

Automatisierung der HRL-Vorzone

...mit 4 Teilprozessen

Mobile Roboter & Put-to-Light

...für weniger Fehler und höhere Performance

In-Process-Charging integriert

...Laden an zwei Prozessstationen während Wartezeiten

Skalierbare Quellen & Senken

...manuelle und automatische Übergabepunkte für Paletten

SAFELOG



LOGISTIKWERKSTATT GRAZ 2026 | ZUKUNFT MOBILE ROBOTIK 12

THANSEN

MIDDELFART, DENMARK | LOGISTICS, PACKAGING
INTEGRATED BY SAFELOG

Drei automatisierte Lagerbereiche

...realisiert mit über 35 SAFELOG XS1 Core und 115 GT1 Spin

Steuerung von drei Lagerebenen

...mit mehr als 4.000 Stellplätzen im G2P-Prozess

G2P-Lager nahtlos angebunden

...an AutoStore-Pickports und Roboter-Arbeitsplätze

Etagensprung integriert

...mobile Roboter nutzen Lifte für alle Etagen

SAFELOG



SPORTOKAY.COM

INNSBRUCK, AUSTRIA | E-COMMERCE

18 mobile Roboter

...reduzieren die Durchlaufzeit um 50 %

75.000 Artikel

...vom Golfball bis zum Skier

Automatisierter Transport

...zwischen Kommissionierung und Verpackung

95 % Next-Day-Delivery

...bei einer Fehlerquote von < 0,01 %

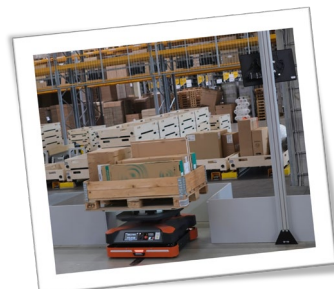


LOGISTIKWERKSTATT GRAZ 2026 | ZUKUNFT MOBILE ROBOTIK 16

GOODS-TO-PERSON IM REALITY CHECK

WIE STARK IST EURE INTRALOGISTIK HEUTE AUTOMATISIERT?

01 Pallet-to-Person



02 Shelf-to-Person



03 Tote-to-Person



SAFELOG



LET'S AUTOMATE LOGISTICS

MICHAEL MARTIN
+ 49 172 417 9144
MARTIN@SAFELOG.DE
[MICHAEL.MARTIN | LINKEDIN](#)



SAFELOG GMBH | HENLEINSTRASSE 4
85570 MARKT SCHWABEN | GERMANY

SAFELOG

QUELLENANGABEN

1. https://www.iad.tudarmstadt.de/forschung_iad/forschungsgruppen_iad/abg_iad/gestaltung_von_arbeitsplaetzen_iad/ergonomie_in_der_intralogistik_iad/ergonomie_in_der_intralogistik_iad.de.jsp
2. <https://proc.logistics-journal.de/article/download/898/876/6535>
3. <https://www.deinkvp.de/ergonomie-optimierung-lager-logistik/>
4. <https://logistik-heute.de/fachmagazin/fachartikel/extra-news-gastkommentar-amr-wegbereiter-der-naechsten-logistik-und-produktionsrevolution-177160.html>
5. <https://wiki.tum.de/display/logistikkompodium/Bereitstellprinzip>

SAFELOG



VDA 5050: Eine gemeinsame Sprache für mobile Roboter

Constantin Enke



VDA 5050: Eine gemeinsame Sprache für Mobile Roboter

Constantin Enke
Technische Leitung der VDA 5050 Entwicklung

Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL)
am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



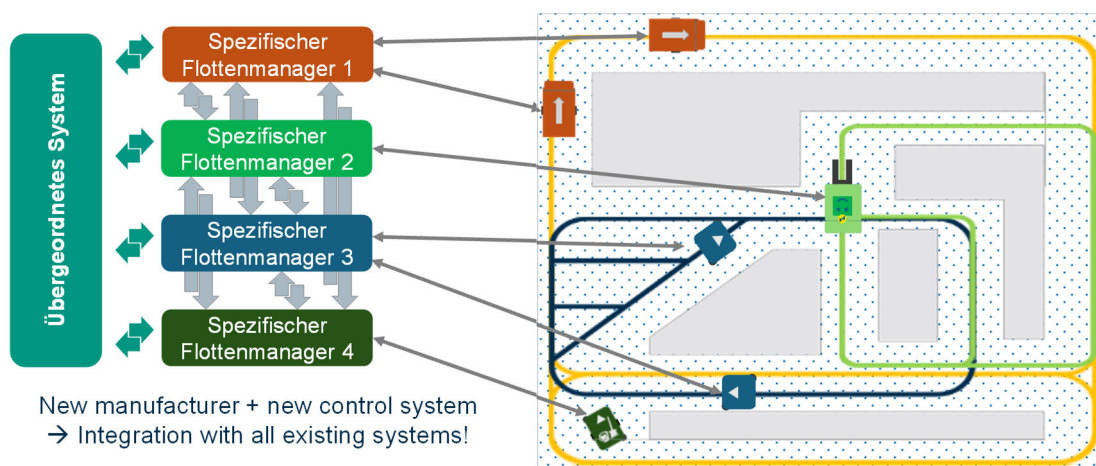
Flottensteuerung

VDA

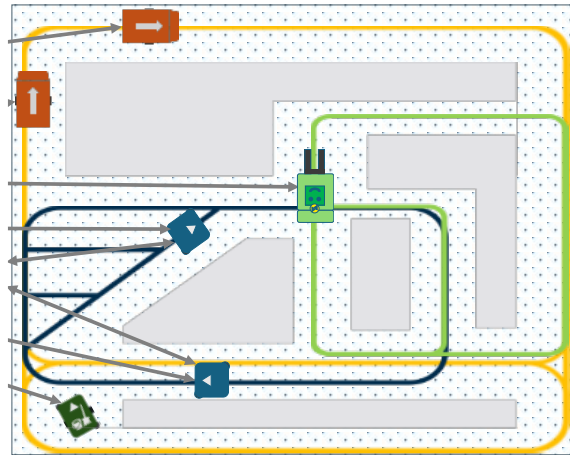


Mobile Roboter

Ausgangssituation



VDA 5050 – Eine gemeinsame Sprache

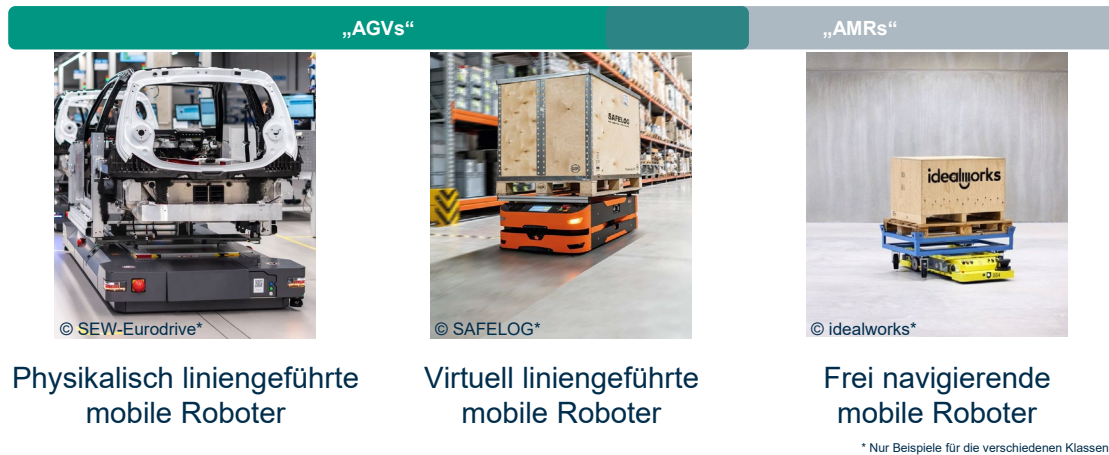


3 27.05.2026 Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050





Mobile Roboter – Abgedecktes Spektrum



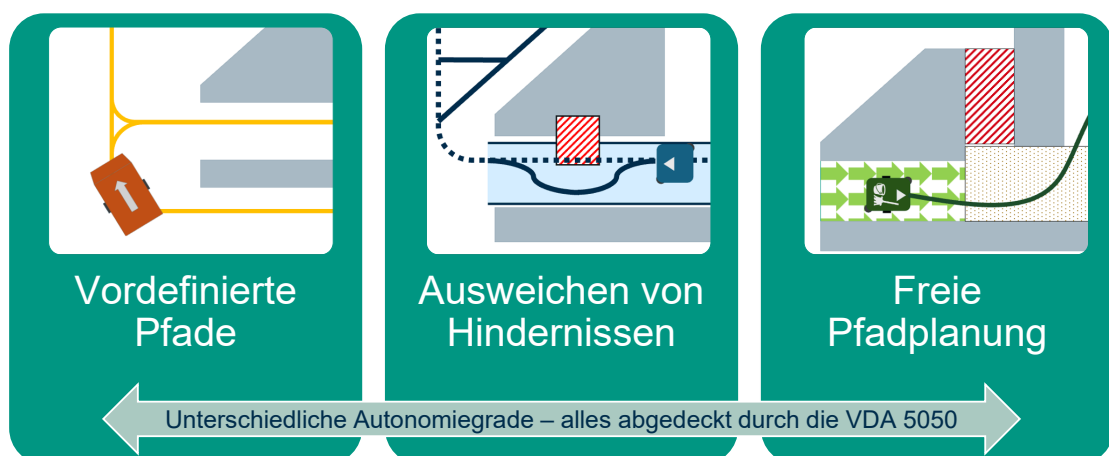
5

27.05.2026

Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050



Ein Werkzeugkasten für mobile Roboter



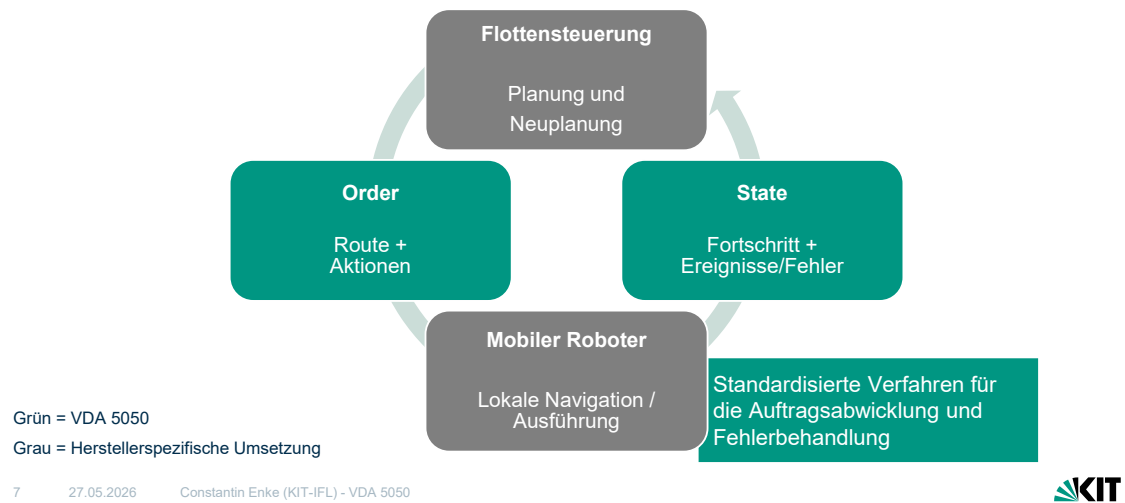
6

27.05.2026

Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050



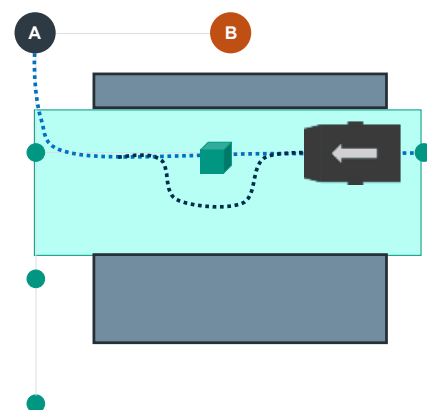
Wie funktioniert die VDA 5050?



Koordination von liniengeführten mobilen Robotern mit der VDA 5050

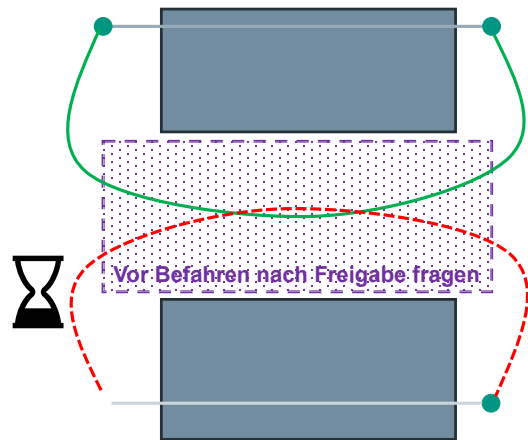
- Reihenfolge der Wegpunkte und Verbindungsstrecken
- Die Reservierung wird von der Flottensteuerung verwaltet
- Mögliche Hindernisumfahrung innerhalb von Begrenzungen

Zielknoten: B
Pfad durch
Flottensteuerung
blockiert



Koordination frei navigierender mobiler Roboter mit der VDA 5050

- Reihenfolge nach Knoten-Kante-Sequenz
- Roboter planen ihre eigenen Pfade
- Kritische Abschnitte werden durch die Flottensteuerung verwaltet



9

27.05.2026

Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050

Geltungsbereich der VDA 5050

Keine funktionale Sicherheit/Cybersicherheit



Keine Definition der Verkehrssteuerungslogik



Keine Integration in übergeordnete Systeme



Keine Richtlinie für Betrieb und Haftung



10

27.05.2026

Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050

Warum setzen Unternehmen die VDA 5050 ein?



Skalierbarkeit

- **Anwender:** Integration neuer Hersteller mithilfe eines bewährten Frameworks
- **Fahrzeughersteller:** Einmal implementieren, mehrere Flottenmanager unterstützen
- **Flottenmanagement:** Integration neuer Robotermodelle ohne eigene Forschung und Entwicklung



Offenheit

- **Open Access** ohne Paywall
- Von der Community getragen und offen für Mitwirkung
- Kontinuierliche Verbesserung auf der Grundlage von Anforderungen aus der Industrie
- Keine Anbieterabhängigkeit

11 27.05.2026 Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050



Wann lohnt sich der Einsatz der VDA 5050?



Nicht notwendig, wenn:

- Seit Langem betriebene, stabile Systeme ohne Skalierungspläne
- Vollständig integrierte Lösung aus einer Hand
- Kleine und statische Anwendung ohne Integrationsbedarf



Besonders relevant, wenn:

- Es sind mehrere Roboterhersteller im Einsatz oder geplant
- Betrieb eines herstellerunabhängigen Flottenmanagements
- Mehrere Standorte mit einheitlicher Software und/oder Hardware

12 27.05.2026 Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050





Was wird für die Einführung von VDA 5050 Systemen benötigt?



Organisatorische Voraussetzungen:

- Klare Rollenverteilung (Betreiber, Integrator, OEM)
- Koordinierungsprozess (Flottenmanagement / Roboteranbieter)
- VDA 5050 ist keine Plug-and-Play-Lösung, sondern ein Baustein



Technische Voraussetzungen:

- WLAN-Abdeckung und MQTT-Broker
- VDA 5050-kompatibles Flottenmanagement
- VDA 5050-kompatible Roboter

13

27.05.2026

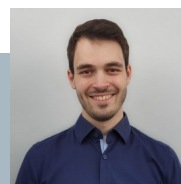
Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050



Diskussion und Kontakt

Constantin Enke

Technischer Leiter der VDA 5050

E-Mail: constantin.enke@kit.edu

14

27.05.2026

Constantin Enke (KIT-IFL) - VDA 5050



**Flottenorchestrierung so
einfach wie Google Maps –
weil Komplexität kein
Standard sein sollte**

Michael Reip



Normen, Standards, Flottenmanagement · 27.05.2026

So einfach wie Google Maps

weil Komplexität kein Standard sein sollte

Michael Reip

CEO & Co-Founder | openmaïnd FlexCo

Logistikwerkstatt Graz 2026

openmaïnd

AKT 1

"AMRs werden alles verändern."

Die Erzählung der letzten 15 Jahre. Das Versprechen war klar — die Realität folgte nicht immer.

Keine festen Fahrwege

Flexibel anpassbar,
kein Schienenumbau

Kein Umbau der Fabrik

Schnelle Inbetriebnahme,
minimale Infrastruktur

Endlos skalierbar

Mehr Roboter =
mehr Durchsatz

openmaïnd

AKT 2

Aber die Umsetzungen enttäuschen.

Was wir in der Praxis immer wieder hören:

Zu starr

Jede Layoutänderung erfordert
Spezialisten und Monate Planung

Zu komplex

Jeder Hersteller, sein eigenes
System — keine gemeinsame Logik

Zu abhängig

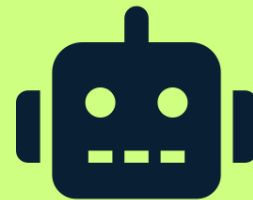
Ohne zertifizierte Experten
läuft gar nichts

Der Roboter ist selten das Problem.

openmind

AKT 3

Das "tote" AGV ist zurück.



In vielen realen Setups outperformt es AMRs.

Wenn der richtige Fleet Manager darunter liegt.

openmind



Die Technologie entscheidet nicht. Die Schicht darüber.

AMR + proprietärer Fleet Manager	AGV + flexibles FMS (openmaïnd)
Hardware ident	Hardware ident
✗ Unvorhersagbares Routing	✓ Vorhersagbar & deterministisch
✗ Herstellerabhängig	✓ Herstellerunabhängig
✗ Spezialist nötig	✓ Jeder kann es bedienen
✗ Updates in Monaten	✓ Features in Tagen

Nicht die Hardware entscheidet — die Intelligenz darüber. Beide einfach aufzusetzen mit openmaïnd.

openmaïnd

AKT 4

Was ein FMS wirklich braucht:

 Logistik-Domäne Prozesse, Flows, Kennzahlen kennen	 Mobile Robotik Hardware, VDA 5050, Protokolle beherrschen	 Das konkrete Setup Layout, Lasten, Randbedingungen verstehen	 Sprache des Nutzers Natural Language, kein Handbuch nötig
---	--	---	--

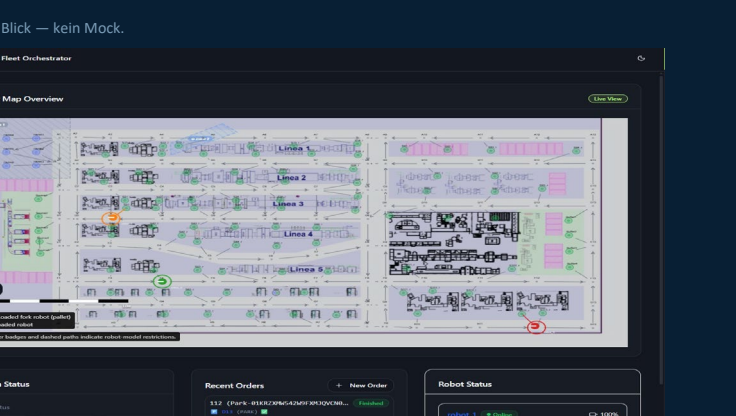
→ Ein 24/7-Experte, der mit dir spricht.

openmaïnd

openmind

Und so sieht es aus.

Ein echter Blick — kein Mock.

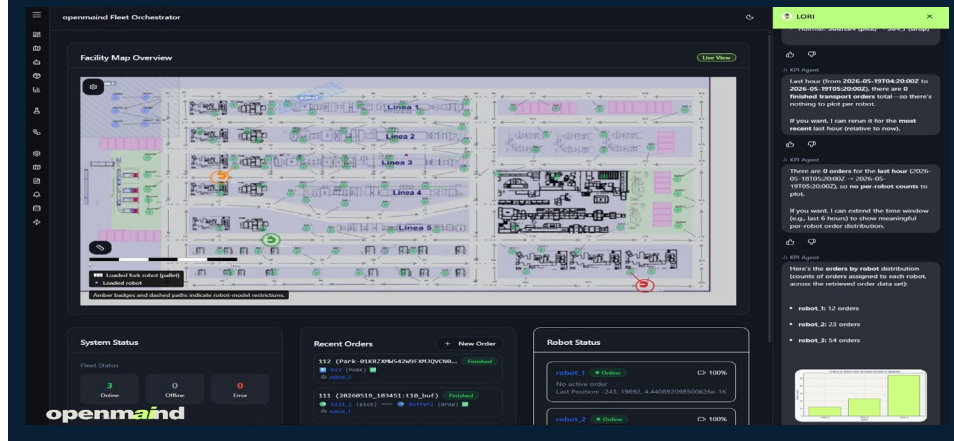


The screenshot displays the openmaïnd Fleet Orchestrator interface. The main section is titled "Facility Map Overview" and shows a detailed floor plan of a facility with various rooms and corridors. Several robots are visible on the map, each represented by a small icon. A legend in the bottom left corner identifies the robot types: "Loaded fork robot (yellow)" and "Loaded robot". A red circle highlights a specific robot on the map. The interface also includes a "System Status" section at the bottom left, showing the status of the fleet (3 online, 0 offline, 0 error). The "Recent Orders" section at the bottom center lists the last two orders, including the robot ID, the order type, and the status. The "Robot Status" section at the bottom right provides detailed information about the selected robot, including its name, last position, and battery level.



Und so sieht es aus.

Ein echter Blick — kein Mock.



Speed ist nicht optional. Speed ist das Produkt.

Standard-Ansatz

3 – 6 Monate

für neue Features im Betrieb

openmaïnd

Tage

vom Kundenwunsch zur produktiven Lösung

Das FMS muss nicht alles können — aber es muss Neues schnell liefern.

Möglich durch agentisches Software Engineering: KI schreibt, testet und deployt Features — unter menschlicher Kontrolle.

openmaïnd

Agentic SWE — nicht Theorie, sondern Alltag.

Bug in Slack gemeldet → KI-Agent reproduziert → GitHub Issue automatisch erstellt.

engineering-bugs

M Michi vor 9 Minuten

Bug im Scenario-Status: "ProjectX" zeigt "Executing Orders" — obwohl keine Orders ausgeführt werden.

T Triageosaurus Rex vor 6 Minuten

Reproduziert! ProjectX zeigte "Executing Orders", obwohl zuletzt am 27.4.2026 ausgeführt — wahrscheinlich abgebrochen ohne Terminal-State. Bug-Issue vorbereitet.

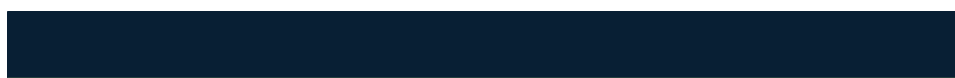
GitHub Issue #1069 automatisch erstellt: [openmaid-ai/orchestrator](#)

Slack →

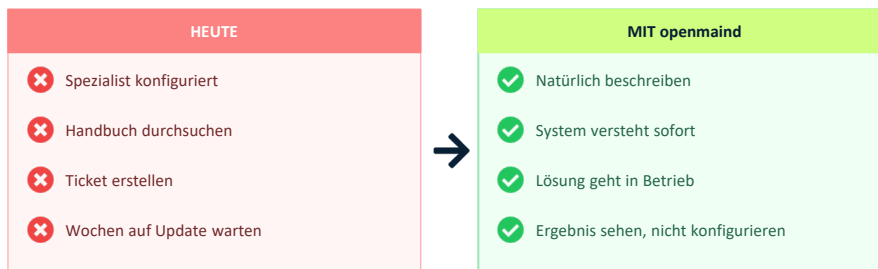
KI-Agent →

GitHub #1069

openmaid



Komplexität gehört unter die Haube.



openmaid



AKT 5

So einfach wie Google Maps.

Du sagst, was du brauchst. Das System liefert.



- Keine Herstellerabhängigkeit
- Kein Expertenwissen nötig
- Neue Features in Tagen

"Europa kämpft um Wettbewerbsfähigkeit – und verschenkt sie täglich in den Gängen seiner Fabriken."

openma^{ind}

Danke.

Einfacher. Schneller. Für jeden.

Michael Reip

CEO & Co-Founder | openma^{ind} FlexCo

michael.reip@openmaind.ai

openmaind.ai

Fragen?

openma^{ind}





Standardisierte Flottensteuerung: Einsatz von VDA 5050 im Praxisprojekt

Philip Grabscheit



Zentrale Flottenmanagementsysteme:

Einsatz von VDA 5050 im Praxisprojekt

MHP Wichtige Fakten

Wir unterstützen Sie
bei Ihrer Transformation
Strategisch.
Datengesteuert.
Fokus auf Umsetzung.

Unsere Premium-
Partner



Weltweite
Niederlassungen

21

Im Besitz der
Porsche AG

100

Gegründet

1996

Mitarbeiter

ca. 5.000

Umsatz 2023

830

Millionen

Schwerpunkte

Mobilität

Fertigung

Logistik und
Transport



MHP
A PORSCHE COMPANY

Philip Grabscheit

IT-Berater für
Automatisierung u.
Robotik

ca. 10 Jahre
aus dem Handwerk
in die Logistik

Digitalisierung u.
Automatisierung

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH 6/2/2026 3



MHP
A PORSCHE COMPANY

Trend zur
Automatisierung
in der Logistik

Dark Warehouse

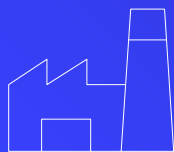
6/2/2026 4



Agenda



Aktuelle Situation in der Industrie



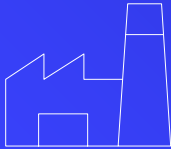
Ausgangssituation
 Unterschiedliche Logistik-Hardware wird durch individuelle Software gesteuert



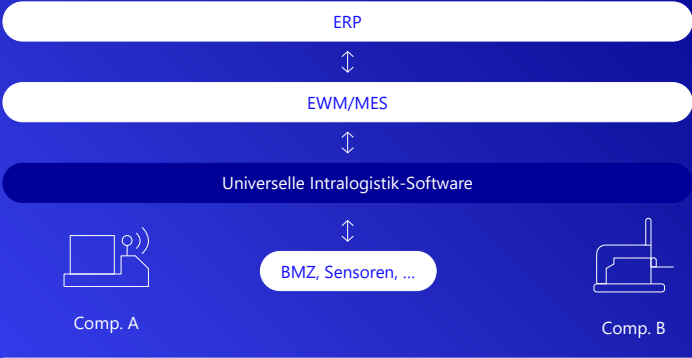
- × Effizienzsteigerungen können aufgrund **heterogener** Softwareprodukte nicht realisiert werden
- × **Fokus auf Hardware**, nicht auf Prozesse
- × **Lock-in-Effekt**: Bindung an einen bestimmten Anbieter



Die Lösung



Zukunft
Freie Wahl der am besten geeigneten Software und Hardware





- ✓ **Effizienzsteigerung** der gesamten Flotte **um 20 %**
- ✓ Beseitigung des Lock-in-Effekts durch **Kommunikation zwischen den Systemen**
- ✓ **Konzentrieren Sie sich auf Ihre Prozesse**, nicht auf Hardwarehersteller

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

7



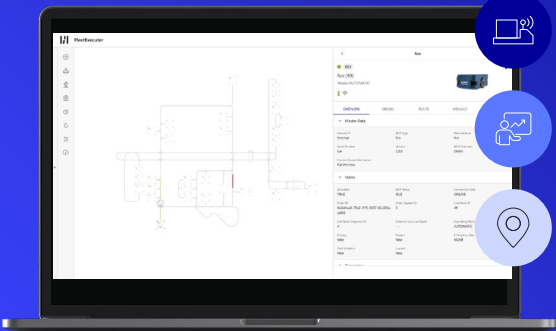
Fakten zum MHP-FleetExecuter

Benutzerfreundlichkeit

- Intuitive Benutzeroberfläche für maximale Kontrolle
- Überblick über alle relevanten Informationen und Funktionen Ihrer Logistik/Fertigung/FTS.

Systemintegration

- FleetExecuter kommuniziert mit Systemen wie ERP, ME sowie EWM
- Integration von unterschiedlichen Systemlandschaften



- **>150 AGVs**
gesteuert beim Kunden
- **>250 Funktionen**
Batterieladestrategien, Alarmer, Layoutdesign, Verkehrsregeln, ...
- **10 Standorte**
mit implementiertem FleetExecuter (Porsche Zuffenhausen, Vibracoustic, Wildeboer, Faurecia/Forvia in DE, CZ und PO)

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

8



Kompatible Hersteller/Modelle

MHP
A PORSCHE COMPANY

Hersteller	Fahrzeug	VDA5050 / non VDA5050
Active Space Automation	ActiveOne	Non VDA5050
AGVe	A6	VDA5050
Bär Automation	Spezial AGV	VDA5050
Bosch Rexroth	AMR ActiveShuttle	VDA5050
DPM	Minicart	VDA5050
EK Robotics	Vario move	VDA5050
Fraunhofer IML	Stuart	VDA5050
HIKRobot	Q3, H7	VDA5050
Jungheinrich	Forklift AGV EKS, ERC	VDA5050
Kärcher	Kira	VDA5050 light
Kivron	K05, K11, K55	Non VDA5050
Kuka	KMP1500P, KMP600P	VDA5050
KION/Linde/Still	L-Matic HDK, STILL EXV	VDA5050
Gessmann	Gessbot	VDA5050
Grenzebach	L1200	VDA5050
Magazino (Jungheinrich)	SOTO	VDA5050
MLR	Caesar MX	VDA5050
MIR	MIR200	VDA5050
Neura	MAV-1500 plus	VDA5050
Oceaneering	UniMover, MaxMover	Non VDA5050
Omron	Moma LD 250	VDA5050
Safelog	XS1, M4, L1, L2 und S3	VDA5050
Sherpa	Sherpa-B	VDA5050
Toyota	SAE160	Non VDA5050
Versabox	Versabot 500	VDA5050



© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

9

Meshup Automatica 2025

MHP
A PORSCHE COMPANY



© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

10



MHP
A PORSCHE COMPANY

Kunde Wildeboer

6/2/2026

11

WILDEBOER BAUTEILE GMBH

Unternehmen Wildeboer

Produktionsstandort
Weener
Ostfriesland
Projektstandort

Umsatz
50
Millionen

Gegründet
1939

Belegschaft
400

Produkte
Volumenmessungen,
Brandschutzklappen, ...

Branche
Heizung und Lüftung

VWp1
Volumenströmungsregler

VWp2
Volumenströmungsregler

VWp3
Volumenströmungsregler

VWp4
Volumenströmungsregler

VWp5
Volumenströmungsregler

VWp6
Volumenströmungsregler

VWp7
Volumenströmungsregler

VWp8
Volumenströmungsregler

VWp9
Volumenströmungsregler

VWp10
Volumenströmungsregler

VWp11
Volumenströmungsregler

VWp12
Volumenströmungsregler

VWp13
Volumenströmungsregler

VWp14
Volumenströmungsregler

VWp15
Volumenströmungsregler

VWp16
Volumenströmungsregler

VWp17
Volumenströmungsregler

VWp18
Volumenströmungsregler

VWp19
Volumenströmungsregler

VWp20
Volumenströmungsregler

VWp21
Volumenströmungsregler

VWp22
Volumenströmungsregler

VWp23
Volumenströmungsregler

VWp24
Volumenströmungsregler

VWp25
Volumenströmungsregler

VWp26
Volumenströmungsregler

VWp27
Volumenströmungsregler

VWp28
Volumenströmungsregler

VWp29
Volumenströmungsregler

VWp30
Volumenströmungsregler

VWp31
Volumenströmungsregler

VWp32
Volumenströmungsregler

VWp33
Volumenströmungsregler

VWp34
Volumenströmungsregler

VWp35
Volumenströmungsregler

VWp36
Volumenströmungsregler

VWp37
Volumenströmungsregler

VWp38
Volumenströmungsregler

VWp39
Volumenströmungsregler

VWp40
Volumenströmungsregler

VWp41
Volumenströmungsregler

VWp42
Volumenströmungsregler

VWp43
Volumenströmungsregler

VWp44
Volumenströmungsregler

VWp45
Volumenströmungsregler

VWp46
Volumenströmungsregler

VWp47
Volumenströmungsregler

VWp48
Volumenströmungsregler

VWp49
Volumenströmungsregler

VWp50
Volumenströmungsregler

VWp51
Volumenströmungsregler

VWp52
Volumenströmungsregler

VWp53
Volumenströmungsregler

VWp54
Volumenströmungsregler

VWp55
Volumenströmungsregler

VWp56
Volumenströmungsregler

VWp57
Volumenströmungsregler

VWp58
Volumenströmungsregler

VWp59
Volumenströmungsregler

VWp60
Volumenströmungsregler

VWp61
Volumenströmungsregler

VWp62
Volumenströmungsregler

VWp63
Volumenströmungsregler

VWp64
Volumenströmungsregler

VWp65
Volumenströmungsregler

VWp66
Volumenströmungsregler

VWp67
Volumenströmungsregler

VWp68
Volumenströmungsregler

VWp69
Volumenströmungsregler

VWp70
Volumenströmungsregler

VWp71
Volumenströmungsregler

VWp72
Volumenströmungsregler

VWp73
Volumenströmungsregler

VWp74
Volumenströmungsregler

VWp75
Volumenströmungsregler

VWp76
Volumenströmungsregler

VWp77
Volumenströmungsregler

VWp78
Volumenströmungsregler

VWp79
Volumenströmungsregler

VWp80
Volumenströmungsregler

VWp81
Volumenströmungsregler

VWp82
Volumenströmungsregler

VWp83
Volumenströmungsregler

VWp84
Volumenströmungsregler

VWp85
Volumenströmungsregler

VWp86
Volumenströmungsregler

VWp87
Volumenströmungsregler

VWp88
Volumenströmungsregler

VWp89
Volumenströmungsregler

VWp90
Volumenströmungsregler

VWp91
Volumenströmungsregler

VWp92
Volumenströmungsregler

VWp93
Volumenströmungsregler

VWp94
Volumenströmungsregler

VWp95
Volumenströmungsregler

VWp96
Volumenströmungsregler

VWp97
Volumenströmungsregler

VWp98
Volumenströmungsregler

VWp99
Volumenströmungsregler

VWp100
Volumenströmungsregler

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

12



MHP
A PORSCHE COMPANY





Logistik
gestern
bei Wildeboer

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH 6/2/2026 13

MHP
A PORSCHE COMPANY






Logistics
heute
bei Wildeboer

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH 6/2/2026 14





A PORSCHE COMPANY

Reale Umgebung

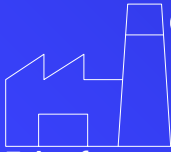
VIDEO

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

15

Ausblick



Zukunft
Freie Wahl der am besten geeigneten Software und Hardware

Tore, BMZ, Sensoren, ...

M2X

ERP

↕

EWM/MES

↕

Universelle Intralogistik-Software



Firma A

+



Firma B

+



Firma C

➤

- ✓ Erweiterung der herstellerunabhängigen Steuerung um **automatische Lagersysteme, Palettierroboter**
- ✓ Prozessübergreifende Optimierung



A PORSCHE COMPANY

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH

6/2/2026

16

71



Vielen Dank

MHP
A PORSCHE COMPANY

Wir schaffen **digitale** **Zukunft** mit **Wirkung.**

MHP Management- und IT-Beratung GmbH

Film- und Medienzentrum | Königsallee 49 | D-71638 Ludwigsburg
Telefon +49 (0)7141 7856-0 | Fax +49 (0)7141 7856-199
E-Mail info@mhp.com | Internet www.mhp.com

© MHP Management- und IT-Beratung GmbH



Standards sind kein Selbstzweck – autonome Flotten brauchen verlässliche Technologien

Alexander Buchegger



Standards sind kein Selbstzweck – autonome Flotten brauchen verlässliche Technologien

Logistikwerkstatt Graz 2026

Alexander Buchegger, COO

Unternehmen

ARTI — Autonomous Robot Technology GmbH
Software-Start Up fokussiert auf autonome mobile Robotik.

- Firmensitz: Gössendorf bei Graz
- Gegründet 2019 an der TU Graz
- Aktuell 14 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Kunden im EU Raum und speziell DACH
- Seit Sommer 2025 KNAPP AG als strategischen Investor

Stark in Forschung und Entwicklung

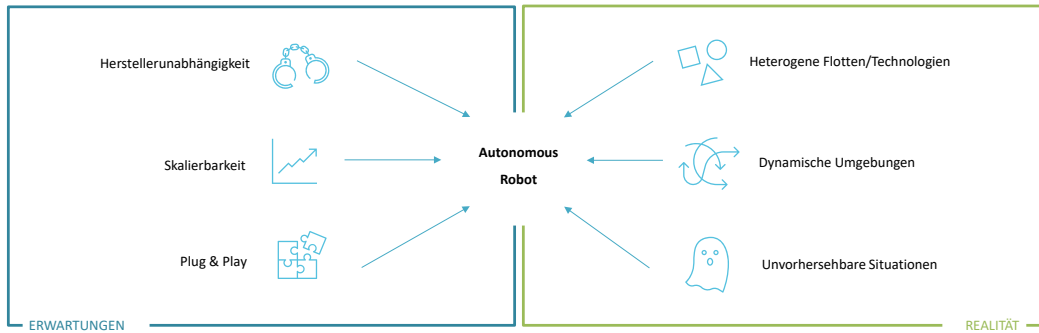
- Eingebettet in dynamisches Industrie- und Technologienetzwerk
- Starke Verbindungen zu Universitäten und Forschungszentren
- Erfahrung aus verschiedenen Branchen und UCs



Das Versprechen der autonomen Flotte

Autonome mobile Robotik als Schlüssel zur flexiblen Logistik – in der Theorie.

Die Realität bleibt komplex: Standards als Hoffnungsträger.



VDA5050 die gemeinsame Sprache der Flotte

Verspricht: Interoperabilität, Herstellerunabhängigkeit

Standard definiert Kommunikation, aber keine Verlässlichkeit.



Kein Verhalten in Edge-Cases standardisiert.



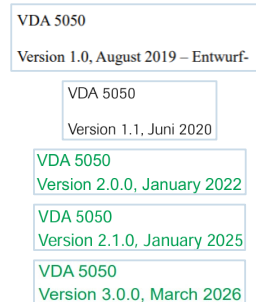
Outdoor/komplexe Szenarien kaum abgedeckt.



Unterschiedliche Fahrzeug-Interpretationen.



Keine Garantie für Navigationserfolg, Robustheit, Systemstabilität.





Das eigentliche Problem

Engpass ist nicht die Schnittstelle, sondern der Betrieb.

From communication to operation:

Flotten scheitern nicht (nur) an Protokollen

Weitere mögliche Problempunkte:

- Fehlende Robustheit
- Mangelhafte Vorhersagbarkeit
- Hoher Integrationsaufwand
- ...



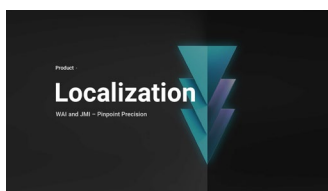
Quelle: RoboNav Projekt - robonav.sai.tugraz.at/data



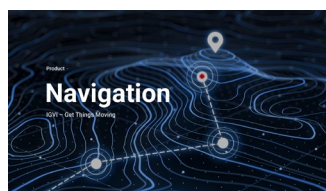
Zuverlässige Technologie

Modulare Architektur ermöglicht Flexibilität und bietet großen Konfigurationsspielraum.

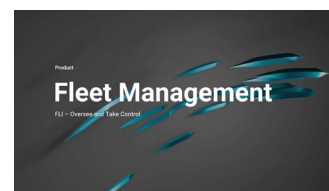
Komponenten sind auf rasche Integration, Robustheit und langfristige Wartbarkeit optimiert.



Mapping (JMI)
Localization (WAI)



Indoor Navigation (IGVI)
Outdoor Navigation (AVI)



Outdoor Management (FLI)



Entwicklungszugang

Ziel ist gemeinsame Entwicklung mit dem Kunden.

ARTI stellt hardware-agnostische Software, Expertise und Services zur Verfügung.



Mapping / Lokalisierung / SLAM

Umgebungserfassung je nach Bedarf in 2D oder 3D.

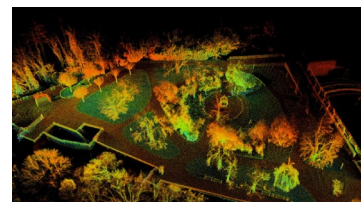
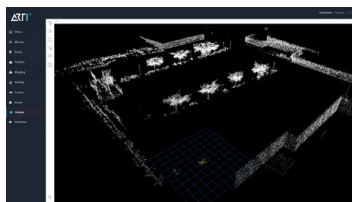
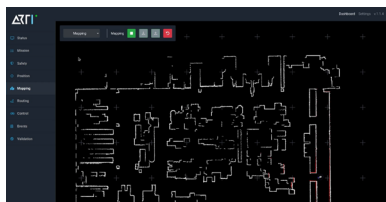
Zuverlässige Karten die für genaue Lokalisierung und effiziente Planung optimiert sind.

- Hohe Genauigkeit und Präzision
- Echtzeit-Ergebnisse (10 Hz - 50 Hz)
- Robustheit durch Redundanz

- Kombiniertes Einsatz mehrerer Sensoren
- Ermöglicht Bearbeitung große Flächen
- Einfache Bedienung über Web-GUI

Hohe Positionsgenauigkeit:

- Erwartet: xyz < 20 mm / rpy < 1.0 degree
- Optimiert: xyz < 2 mm / rpy < 0.5 degree





Navigation

Genauigkeit und Zuverlässigkeit durch Redundanz und Flexibilität.

Umfassende Navigationsuite für Indoor- und Outdooranwendungen – Standards in der Realität nutzbar machen.

- Hardware-agnostisch bei Fahrzeug und Sensoren
- Robust unter verschiedensten Bedingungen
- VDA5050 Anbindung als Baustein für Interoperabilität

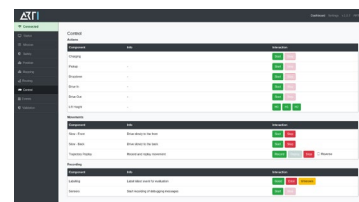


Fleet Management and WebApp

Ergänzende Tools für Management und Monitoring.

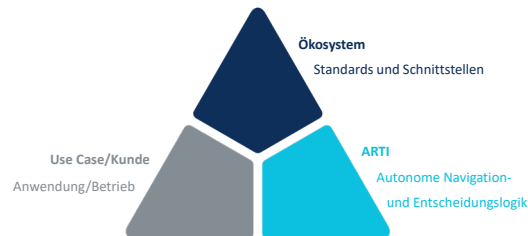
Standards wie z.B. VDA 5050 ermöglichen Anbindung an externe Systeme.

- Systemdiagnose
- Koordination mehrerer Fahrzeuge
- Intuitive Bedienbarkeit
- Trajektorienplanung- und adaptierung
- Auch für größere Flächen (Outdoor)
- Transparenz und Kontrolle



Standards richtig einordnen

Standards sind notwendig – aber sie sind nur die Grundlage.
Erst das Zusammenspiel macht autonome Fahrzeuge wirtschaftlich nutzbar.



Get in Touch

A simple conversation can go a long way.
Contact our team of experts to start the conversation.

Webpage: arti-robots.com
Youtube: youtube.arti-robots.com
Email: office@arti-robots.com
Bundesstraße 83, 8077 Gössendorf, Austria
Phone: +43 664 5831500





Aktuelle Entwicklungen bei Antriebssystemen und automatisiertem Fahren in Personen- und Güterverkehr

Arno Eichberger, Helmut Eichlseder

Aktuelle Entwicklungen bei Antriebssystemen und automatisiertem Fahren in Personen- und Güterverkehr



Univ.-Prof. Dr. Helmut Eichlseder
Assoc.-Prof. Dr. Eichberger Arno

Institute für
Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme
Fahrzeugtechnik

www.ftg.at



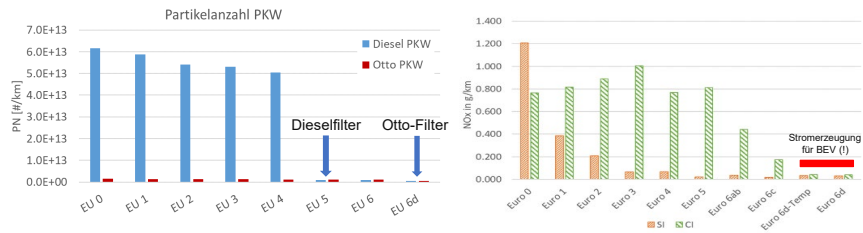
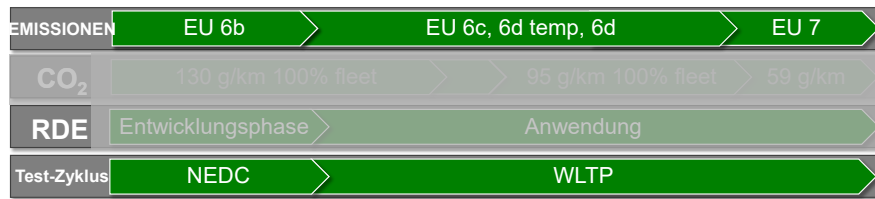
Aktuelle Entwicklungen bei Antriebssystemen



- Rahmenbedingungen und Motivation
- Mögliche Konzepte und deren spezifische Eigenschaften
 - Batterieelektrische Antriebe
 - Brennstoffzelle
 - Verbrennungsmotor –Elektrifiziert und mit alternativen Kraftstoffen
- Zusammenfassung und Ausblick

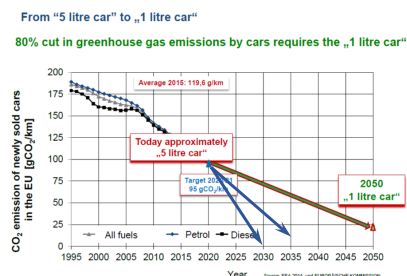
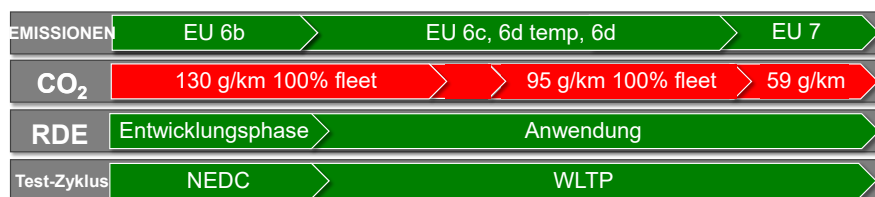


Rahmenbedingungen PKW Europa



3

Rahmenbedingungen PKW Europa



CO₂-Reduktion

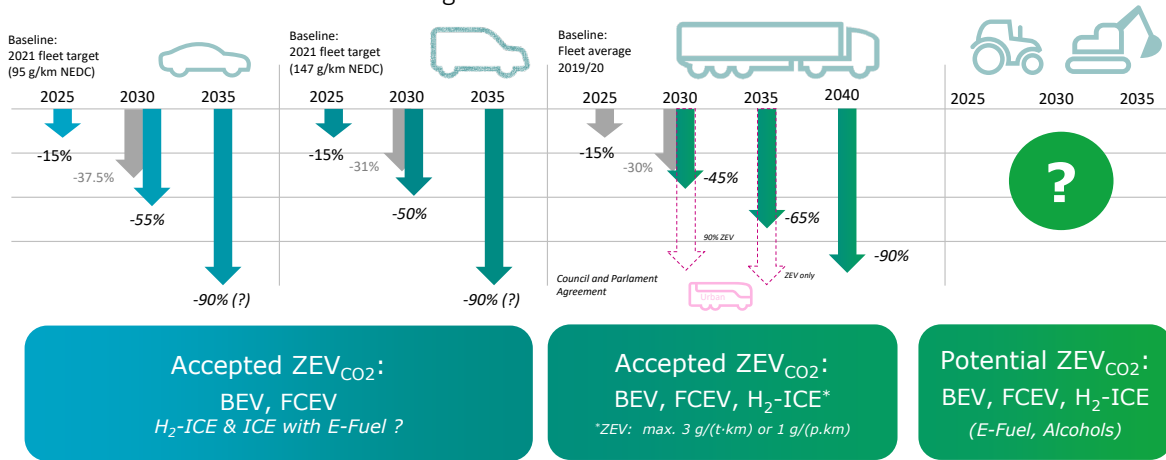
- Fahrwiderstandsredukt.
- Elektrifizierung VKM
- Nachhaltige Kst. - E-Fuels
- Batterieelektr. Antriebe
- Brennstoffzellen

4

Rahmenbedingungen EU CO₂ Standards



Outlook across segments

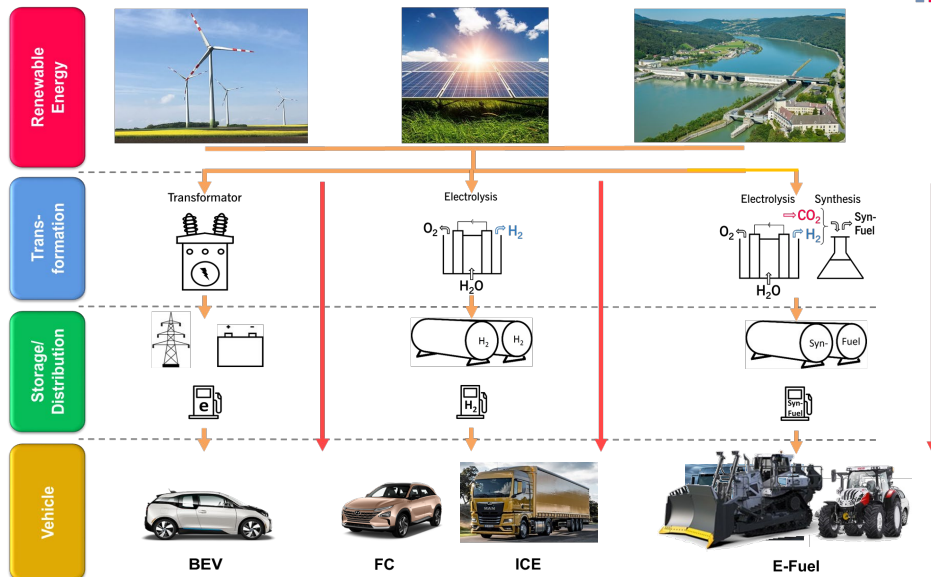


Grey: targets in current regulation. *Italics: proposed.*

Source: Aktualisiert, Basis AVL / Wieser

5

Pfade für erneuerbar E-basierte Mobilität



6



Batterieelektrischer Antrieb

Bewertung



- + Hoher Wirkungsgrad Tank To Wheel
(nicht durch Carnotprozess begrenzt)
- + Lokal Emissionsfrei
- + Lärmarm, wenig bewegte Teile
- Kosten (und Gewicht deutlich) derzeit höher
- Speicherdichte/Ladevorgang für manche Anwendungen nicht ausreichend

7

Batterieelektrischer Antrieb

Bewertung



- + Hoher Wirkungsgrad Tank To Wheel
(nicht durch Carnotprozess begrenzt)
- + Lokal Emissionsfrei
- + Lärmarm, wenig bewegte Teile
- Kosten (und Gewicht derzeit deutlich) höher
- Speicherdichte/Ladevorgang für manche Anwendungen nicht ausreichend
- Infrastruktur teilweise ungenügend
- Ausreichend erneuerbarer Strom in EU zur Defossilisierung ?
- „Langsamer“ Pfad der CO₂-Minderung, alleine nicht ausreichend



**Notwendig (überall, wo sinnvoll möglich), aber
nicht hinreichend zur Erreichung der CO₂ Ziele**

8

Brennstoffzelle mit Wasserstoff

Bewertung

- + CO₂ freier Antrieb darstellbar
- + Lokal Emissionsfrei
- + Keine bewegten Teile, Lärmarm
- Kosten (zunächst) hoch, Kostenpotenzial ?
- **Infrastruktur (H₂ Versorgung) erforderlich**
- **Speicherung großer Energiemengen**

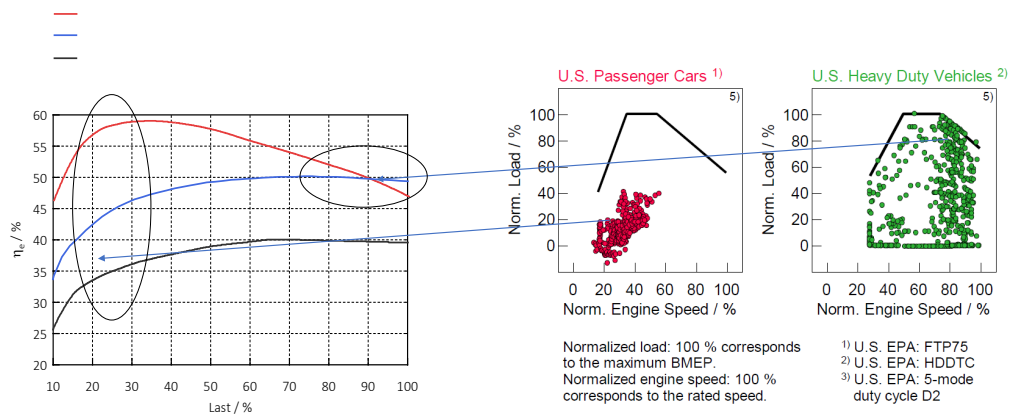
Entwicklungsbedarf bzgl. Robustheit, Lageabhängigkeit, Kühlleistung, ...

H₂ Erzeugung entscheidend für Klimarelevanz
(heute überwiegend Dampfreformation)

- + aber: hätte Speicherkapazität für „Regenerative Energie“ im Sommer

➔ **Technologie mit hohem Potenzial,
Entwicklungsbedarf noch gegeben**

9



10



Verbrennungskraftmaschine

Bewertung

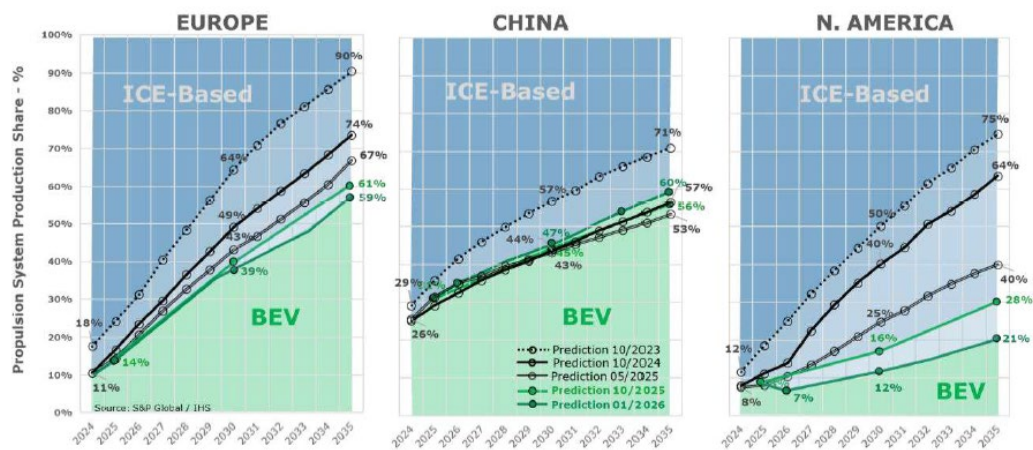


- + Vielstofftauglich (E-Fuels, HVO, Bio-Kst, H2), damit erneuerbar basiert möglich
- + Elektrifizierung in untersch. Ausprägung (Hybrid, PHEV, REX..)
- + Reichweite und Tankzeiten
- + Robust und kostengünstig
- + Bestehende Fertigungs/Fahrzeug/Infrastruktur, mit E-Fuels **rückwärtskompatibel**
- Limitierter Wirkungsgrad
- Schadstoffemission nicht absolut 0, aber **Zero Impact** möglich
- Heute überwiegend fossil betrieben

➔ Für viele Anwendung bei mittlerem und hohem Leistungs/Energiebedarf wirksamste Lösung

11

Technologieausblick PKW - China US EU



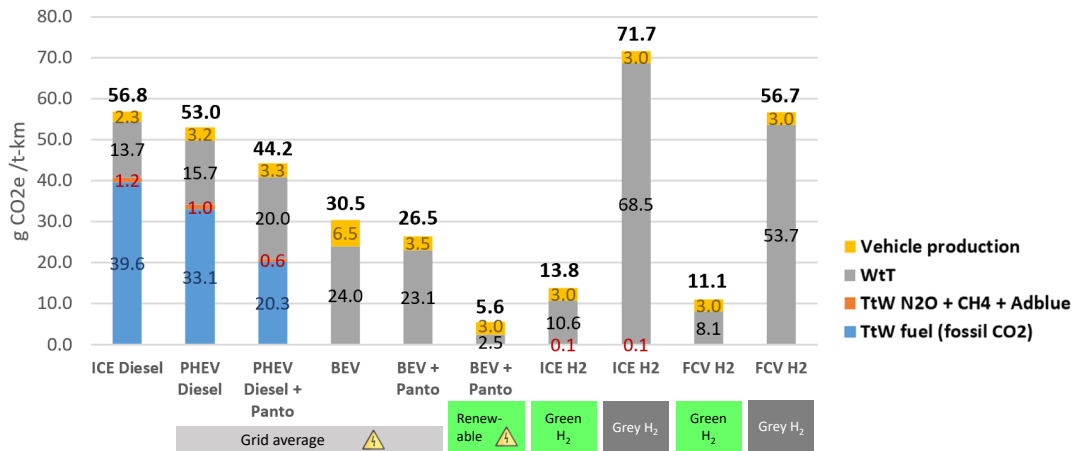
IHS / S&P Prediction 10/23-01/26

12

LKW CO_{2e} (VECTO + LONGRUN LCA)

Reference Year 2030, EU Mix 254 g CO_{2e} / kWh_{el};

Renewable: 28 g CO_{2e} / kWh_{el}; 1,2 Mio km



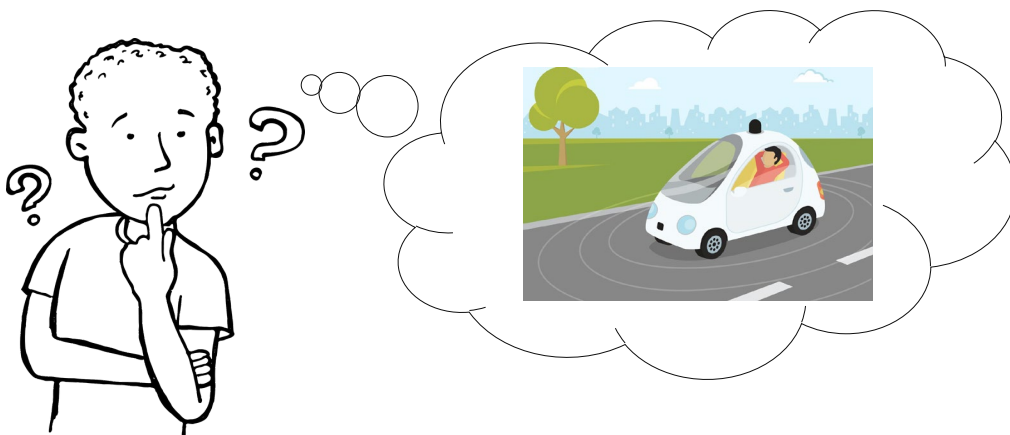
Mission profile mix: Long haul (90%) and Regional delivery (10%)

Source: Rexeis et al; Comparison of HDV Propulsion Technologies, WMS 2023

13



Aktuelle Entwicklungen beim automatisierten Fahren



<https://www.vox.com/2016/4/21/11447838/self-driving-cars-challenges-obstacles>

14

Megatrends in automotive industry

The automotive industry faces **disruptive** transformation:
Roland Berger Consulting summarized it: „MADE“

- **NewMobility**: Ride hailing, multimodal transport, car sharing
- **A**utomated Driving: Robotaxis, driverless shuttles
- **D**igitalization: software defined vehicles
- **E**lectrification

Source: Roland Berger, <https://www.rolandberger.com/de/Insights/Global-Topics/Automotive-Disruption/> 13/11/2020

15

Motivation for automation of vehicles

- **Traffic safety**
- **Comfort**
- **Ecological motivations**
- **Mobility for all**
- **Economical motivations**



source: <http://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/making-cars-an-oasis-of-calm-115072.html>, retrieved, 13.2.2024

16

Successfull driverless Robotaxi demos



Baidu und Apollo Go dürfen erstmals Robotaxis ohne Sicherheitsfahrer einsetzen

08.08.2022 | Von Christian Otto

China kämpft mit Verkehrsproblemen. Die Antwort könnten selbstfahrende Taxis sein. Der Tech-Gigant Baidu darf nun in zwei Millionenstädten Fahrzeuge ohne Fahrer einsetzen.



17

Shuttle bus demos

Sichuan's first demonstration lines for commercial use of self-driving vehicles launched in Chengdu

(People's Daily Online) 09:35, November 01, 2023

Citizens in Chengdu, capital of southwest China's Sichuan Province, can take autonomous driving vehicles for free for commuting or sightseeing for a month.

The Chengdu Economic and Technological Development Zone in Longquanyi district, Chengdu, kicked off a commercial trial of large-scale demonstration operation of intelligent connected vehicles (ICVs) on Oct. 30, officially starting its comprehensive cooperation with Dongfeng USensing Technology Co., Ltd. (Dongfeng USensing) on the construction of Sichuan's first commercialized demonstration use of self-driving vehicles.



Einladung zur Testfahrt im automatisierten Shuttle

Von Mario Steinebach 22. Juni 2023



Dieser automatisierte Shuttle kommt bei der Testfahrt im Erzgebirge zum Einsatz. Foto: IAV

Technische Universität Chemnitz führt zwischen dem 30. Juni und 6. Juli 2023 eine Nutzerstudie im Erzgebirge durch, um ein automatisiertes Shuttle zur Personenbeförderung im ländlichen Raum zu testen

18

Driverless robotaxi in Wuhan, China

Baidu Apollo Generation 5



Source: Eichberger, TU Graz

19

SAE Classification

J3016_201806, revised June 2018 Freedownload: <https://www.sae.org>

Level	Name	Narrative definition	DDT			ODD
			Sustained lateral and longitudinal vehicle motion control	OEDR	DDT fallback	
Driver performs part or all of the DDT						
0	No Driving Automation	The performance by the driver of the entire DDT, even when enhanced by active safety systems.	Driver	Driver	Driver	n/a
1	Driver Assistance	The sustained and ODD-specific execution by a driving automation system of either the lateral or the longitudinal vehicle motion control subtask of the DDT (but not both simultaneously) with the expectation that the driver performs the remainder of the DDT.	Driver and System	Driver	Driver	Limited
2	Partial Driving Automation	The sustained and ODD-specific execution by a driving automation system of both the lateral and longitudinal vehicle motion control subtasks of the DDT with the expectation that the driver completes the OEDR subtask and supervises the driving automation system.	System	Driver	Driver	Limited
ADS ("System") performs the entire DDT (while engaged)						
3	Conditional Driving Automation	The sustained and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT with the expectation that the DDT fallback-ready user is receptive to ADS-issued requests to intervene, as well as to DDT performance-relevant system failures in other vehicle systems, and will respond appropriately.	System	System	Fallback-ready user (becomes the driver during fallback)	Limited
4	High Driving Automation	The sustained and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback without any expectation that a user will respond to a request to intervene.	System	System	System	Limited
5	Full Driving Automation	The sustained and unconditional (i.e., not ODD-specific) performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback without any expectation that a user will respond to a request to intervene.	System	System	System	Unlimited

Driver remains at full responsibility for continuous system monitoring, even when the vehicle is driven in automated mode.

Driver remains at full responsibility for controlling the vehicle at system failure. However, secondary tasks can be carried out

Driverless operation, there is no responsibility left for the human occupant. In case of system failure, the system has to fall into "fail-safe operation"

20

Are there SAE L5 („autonomous“) vehicles?

Driverless operation of vehicles in public roads will require remote observation —> expected harmonized legal requirements

- Remote operation/teleoperation: Remotely driving the vehicle upon system failure (→ L3?)
- Remote management: Vehicle needs to be operated by itself upon system failure → L4)
- Robotaxis need to be trained on a specific „Operational Design Domain“ → L4

21

Traffic in downtown Beijing, China



Source: Eichberger, TU Graz

22

...and ...

Uber puts the brakes on testing robot cars in California after Arizona fatality



Cruise halts all autonomous vehicle operations in USA amid safety concerns

Tesla wins 1st US Autopilot trial involving fatal crash

GM's Cruise Loses Its Self-Driving License in San Francisco After a Robotaxi Dragged a Person

The California DMV says the company's autonomous taxis are "not safe" and that Cruise "misrepresented" safety information about its self-driving vehicle technology.

23

.. and ...

The driver of a 2021 Tesla Model S told California authorities the vehicle was in "full self-driving mode" when the technology malfunctioned, causing an eight-vehicle crash on the **San Francisco** Bay bridge last month. The crash on Thanksgiving Day resulted in two juveniles being transported to hospital and led to lengthy delays on the bridge. The incident was made public in a police report on Wednesday.

Tesla: Tödlicher Horror-Crash in China fordert zwei Menschenleben und drei Verletzte

In China hat sich ein tödlicher Horror-Unfall mit einem Tesla Model Y ereignet. Das Tesla Model Y schoss mit hoher Geschwindigkeit über mehr als 2 Kilometer durch eine chinesische Stadt und tötete dabei laut Medienberichten zwei Menschen, drei wurden verletzt, nachdem der Tesla-Fahrer die Kontrolle über sein Model Y verloren hatte.

Alena Matta, veröffentlicht am 14.11.2022 | E-Mobility | Fall Security

Die Bilder der Videoüberwachung aus der chinesischen Stadt Chaozhou im östlichsten Teil der Provinz Guangdong zu einem Horror-Crash mit einem Tesla Model Y sind verstörend und erschreckend. Laut chinesischen Besitzern nach einem Abbremsvorgang plötzlich unkontrolliert und legte dann in einer Minute fast 2,6 Kilometer mit extrem hoher Geschwindigkeit zurück, ohne dass der Fahrer das E-Auto von Tesla abbremsen konnte.



Tesla: Tödlicher Horror-Crash in China fordert zwei Menschenleben und drei Verletzte.

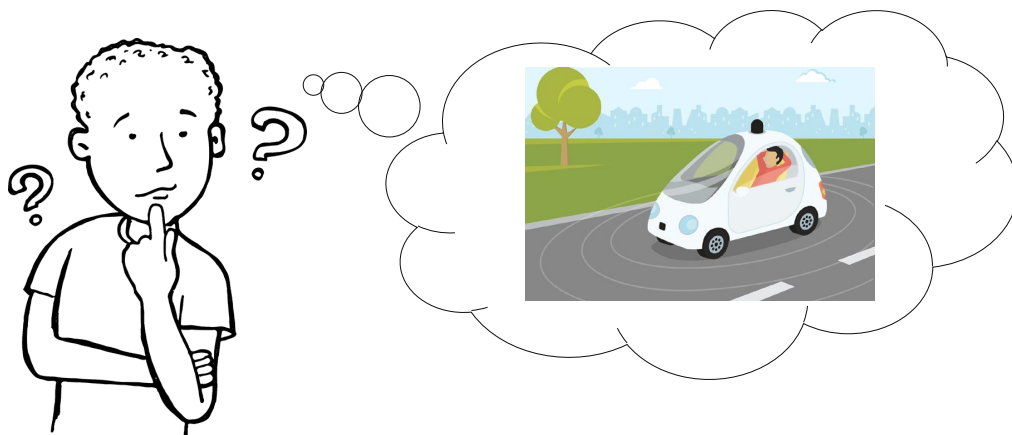
25

Challenges to be solved

- Occupant and social acceptance
- Safety validation
- Legal and liability issues
- Ethical issues
- Cost of system components and integration
- Reliable perception of environment by artificial intelligence
- Complexity of the traffic situation
- Environmental conditions
- Manipulation
- Misuse
- Irony of Automation
- Automationsurprises

26

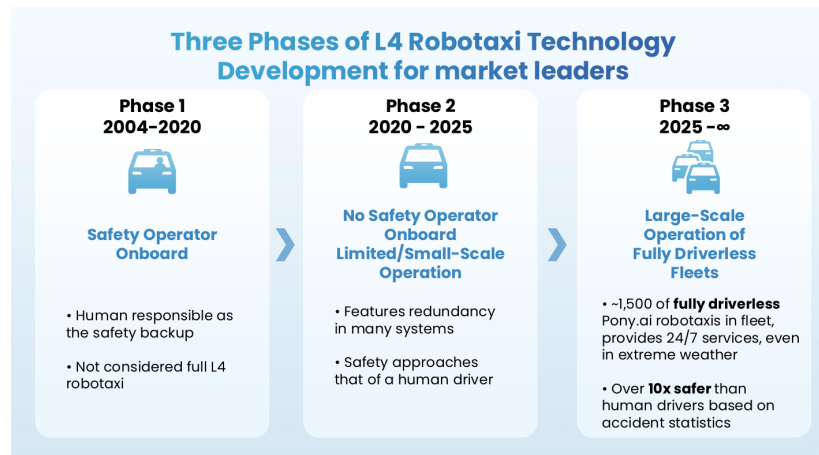
Driverless mobility: Vision or reality ?



<https://www.vox.com/2016/4/21/11447838/self-driving-cars-challenges-obstacles>

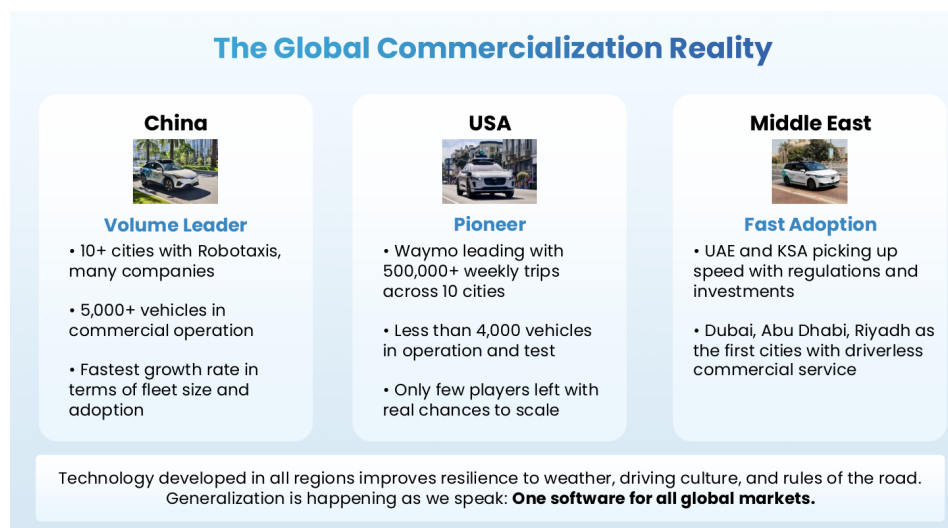
27

Vision of pony.ai, one of the leading robotaxi developer



Reschka et al, ÖVK Vortrag, 2026

29



Reschka et al, ÖVK Vortrag, 2026

30

Focus on Europe

Unlocking market potential

- Testing in Luxembourg (Pony.ai), Germany, Norway, Switzerland, UK among others under way
- Huge market potential due to driver shortage and high labor cost
- Unlocking the markets requires vehicles, partners, regulatory support, optimized operations and safety.

Verne/Uber/Pony.ai



- **Strategic European Launch:** Partnership between **Pony.ai**, **Uber**, and **Verne** launched Europe's first commercial robotaxi service in Zagreb, Croatia.
- **Technology & Network Integration:** **Pony.ai** provides its Gen-7 autonomous driving system on Arcfox Alpha T5 vehicles, integrated directly into **Uber's** global mobility platform and **Verne's** operational ecosystem.
- **Scalable Expansion Model:** Initial public-road validation is underway in Zagreb with plans to scale to a fleet of thousands of robotaxis across additional European cities and international markets.

Reschka et al, ÖVK Vortrag, 2026

31

Zusammenfassung

- Antriebstechnologien
 - Technologien für umweltverträgliche Güter/Personenmobilität vorhanden; Nutzung der gesamten Technologievielfalt erforderlich
 - Entscheidend ist der nachhaltig bereitgestellte **Energieträger**, nicht der **Energiewandler**
- Automatisiertes Fahren:
 - Übergang aus F&E in **Umsetzung** im Gang
 - Viele **offene Herausforderungen** noch zu lösen

32



Many thanks for your
attention!



Graz University of Technology

Institute of Thermodynamics and Sustainable
Propulsion Systems
helmut.eichlseder@tugraz.at

Institute of Automotive Engineering
arno.eichberger@tugraz.at

AMR as the Core of Modern Logistics: Combining high throughput with maximum flexibility

Stefan Kaltner



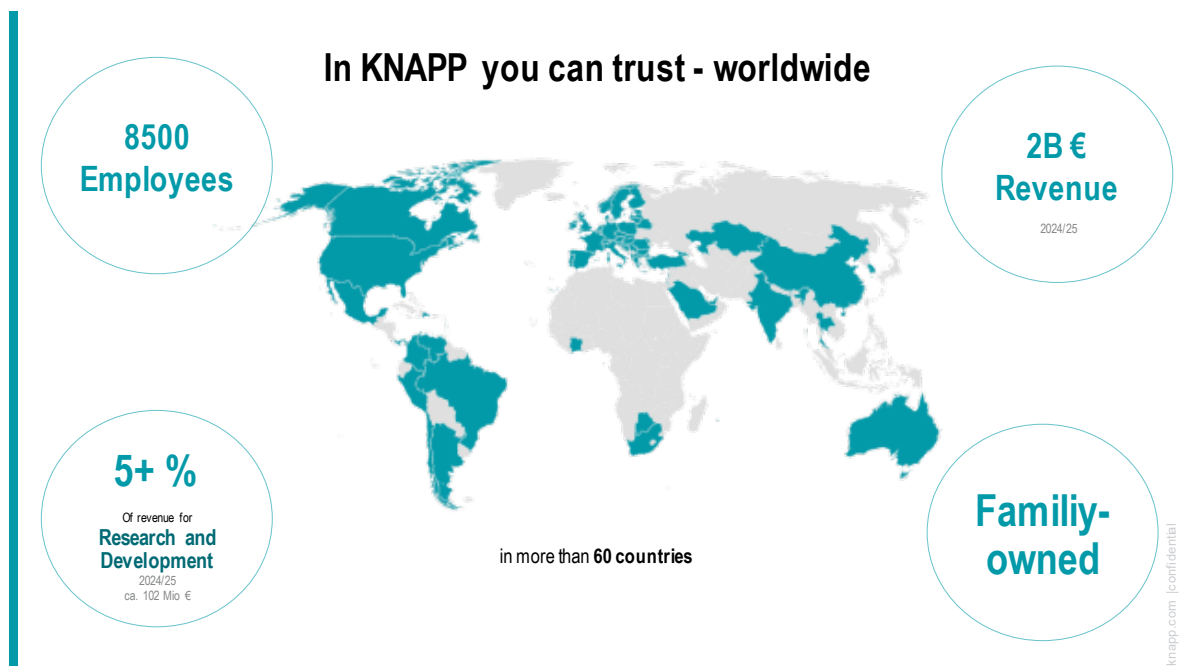
Welcome

**AMR as the core
of modern logistics**
Combining high throughput
with flexibility

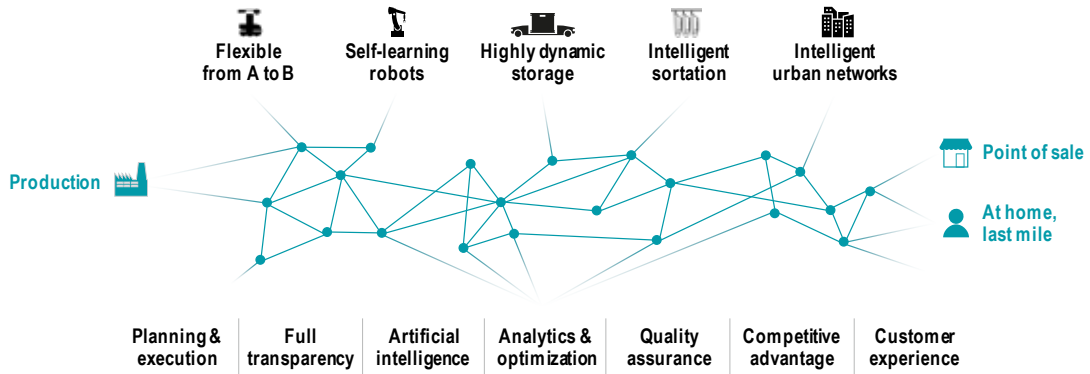
Logistikwerkstatt
25.05.2026



Stefan Kaltner
Product Management
KNAPP Industry Solutions

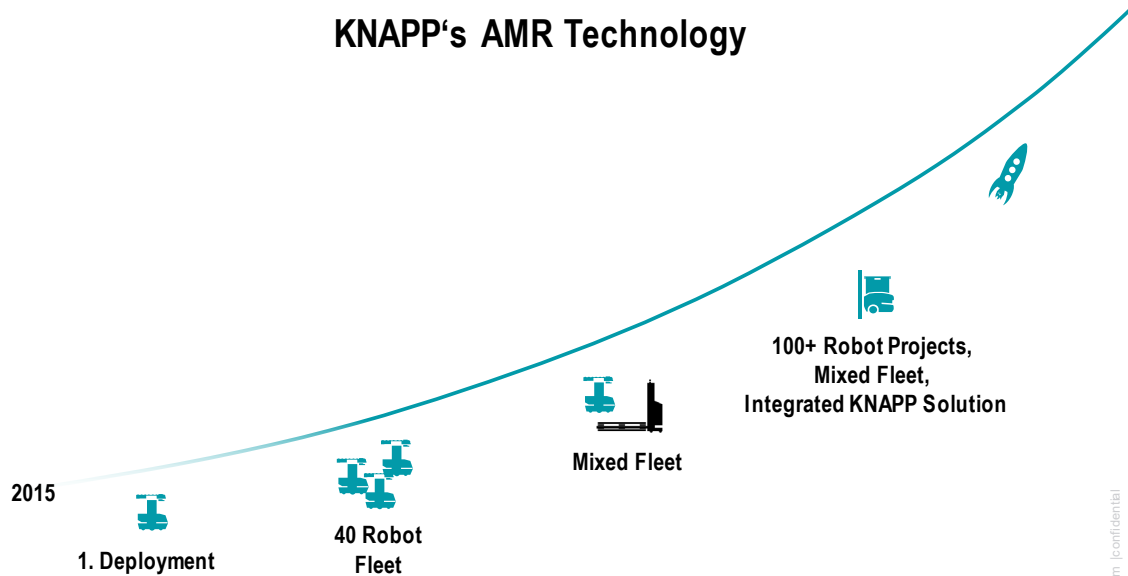


What does your value chain need?



knapp.com | confidential

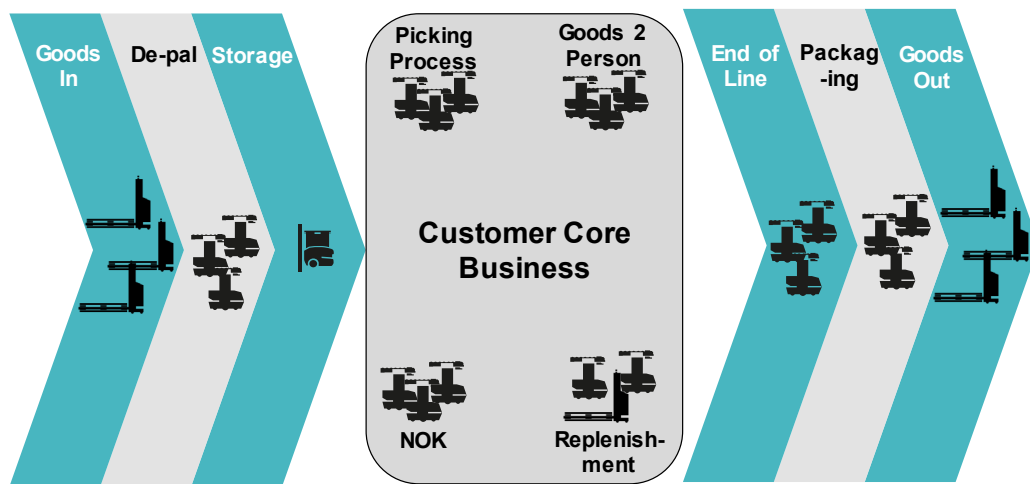
KNAPP's AMR Technology



knapp.com | confidential



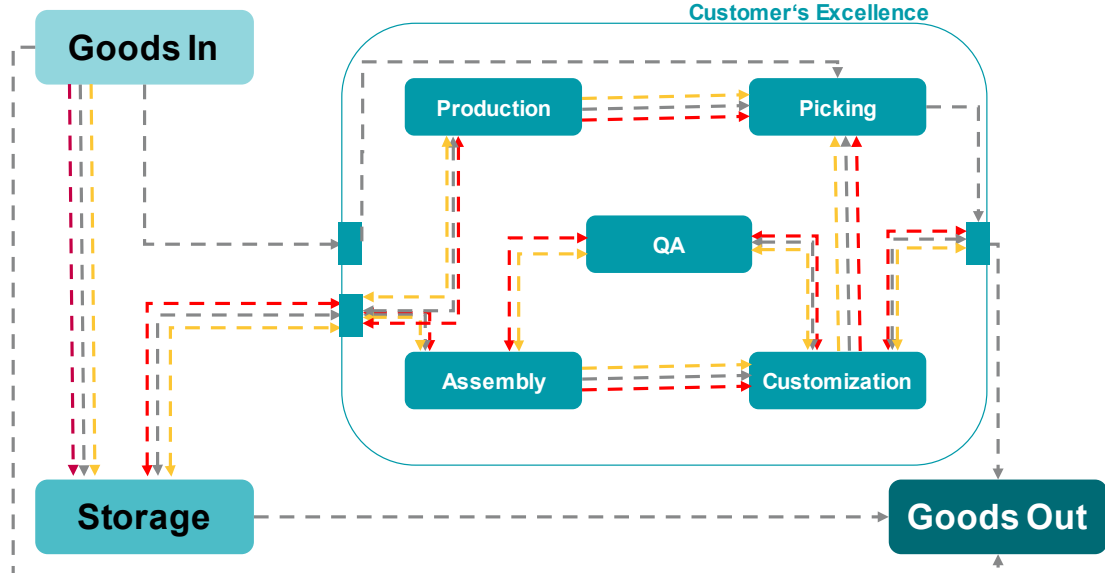
Large Customer Project – AMR focused



knapp.com | confidential

Flow of Goods

Customer's Excellence



knapp.com | confidential

Problem Statement



Customer require a **high variety** of goods **moved fast**. The modern market demands **last-minute**-configuration with **next day delivery**.

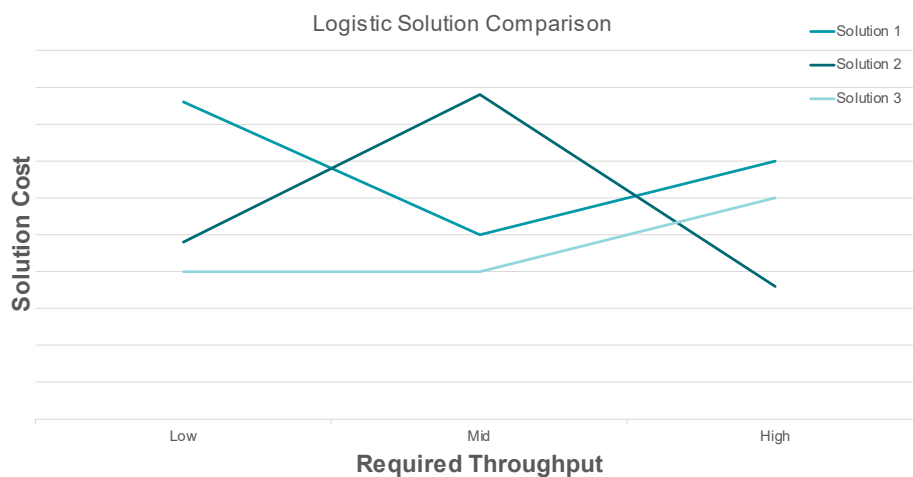


**High
Throughput**

**Maximum
Flexibility**

knapp.com | confidential

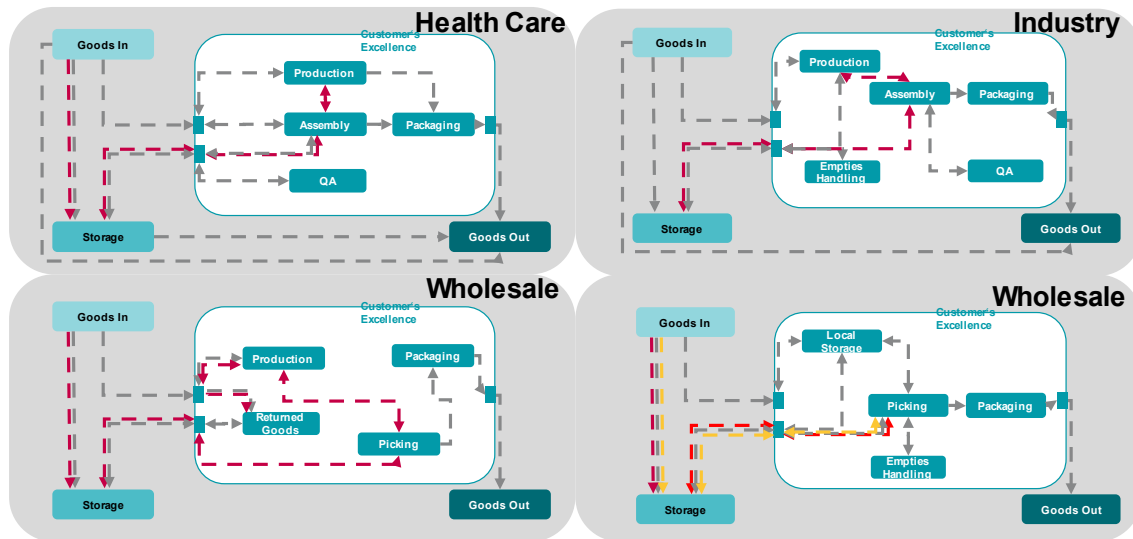
Why AMR - why now?



knapp.com | confidential

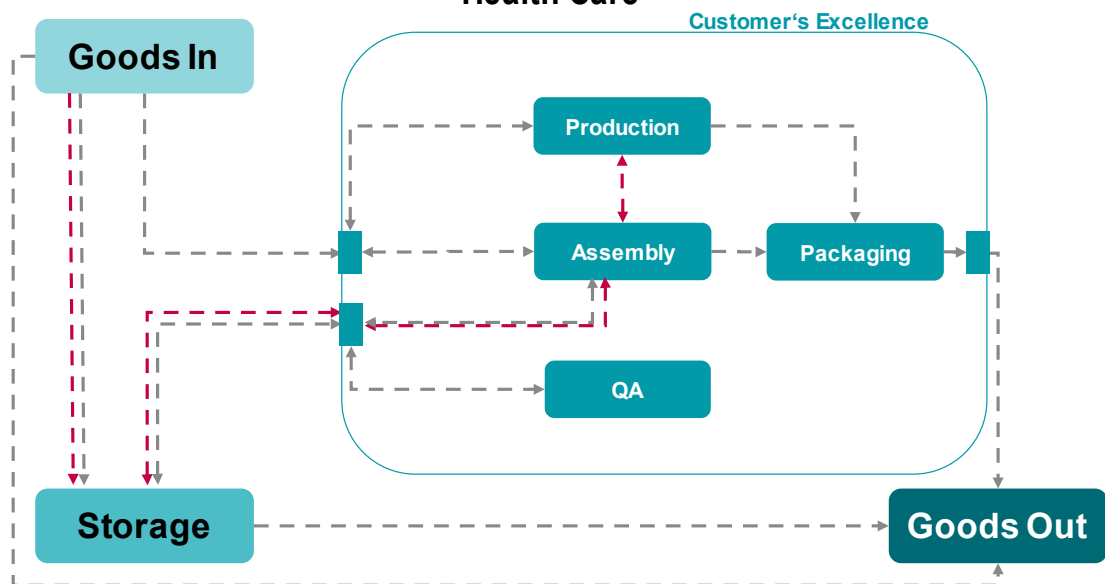


Solutions and AMR Flows

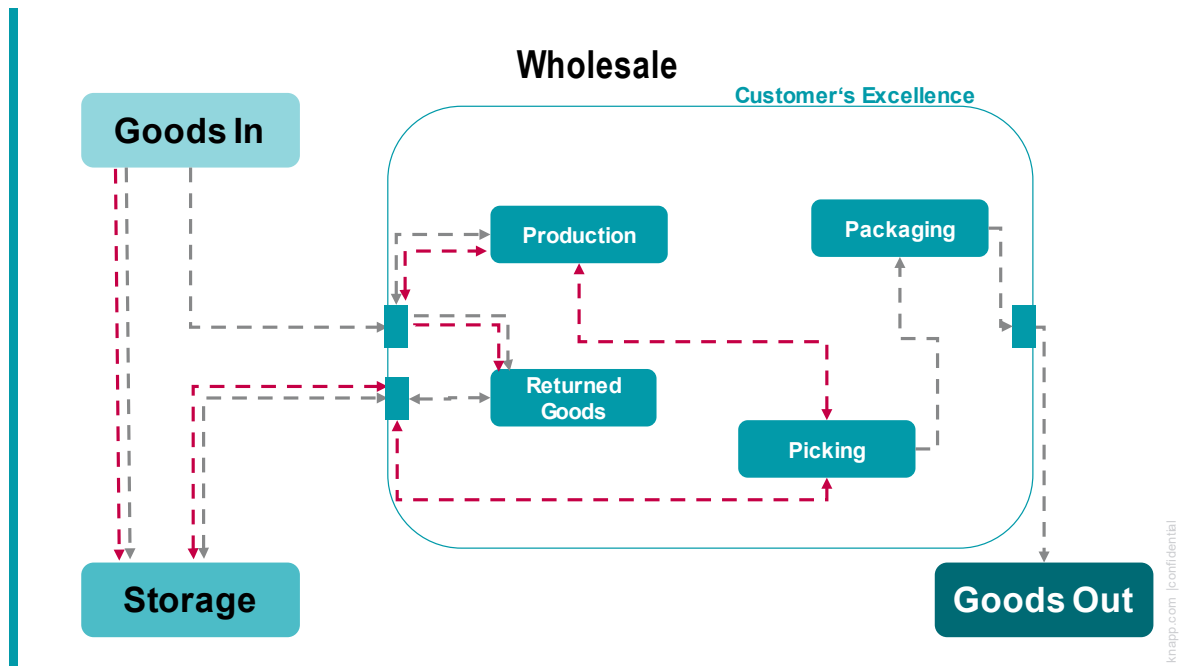
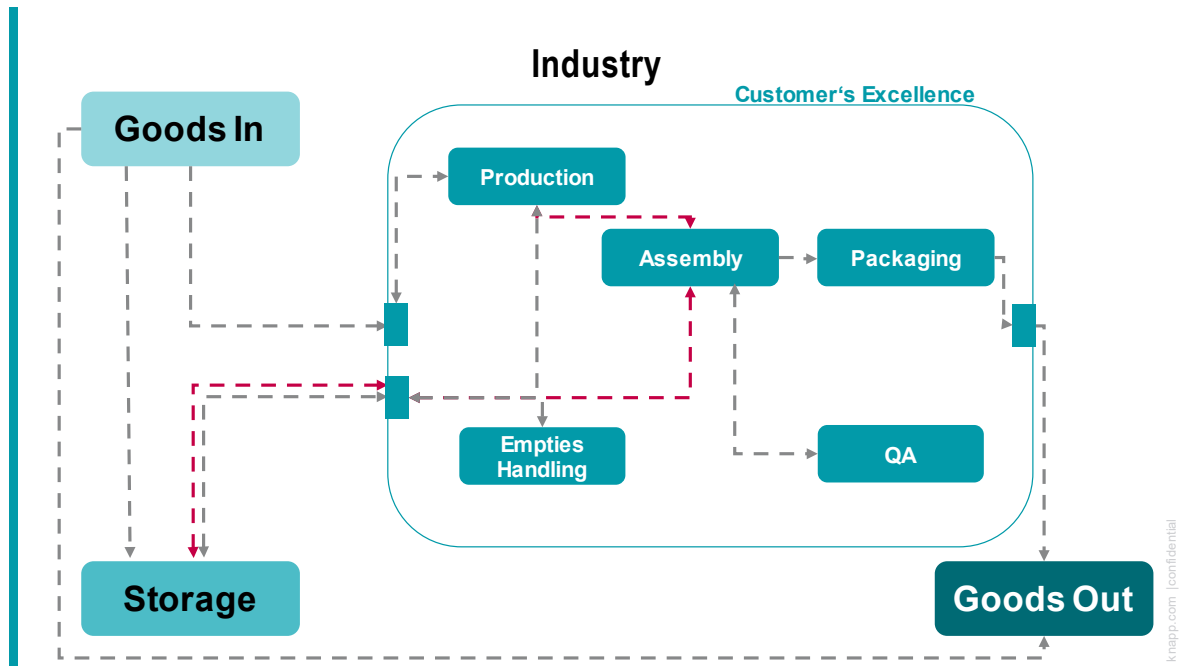


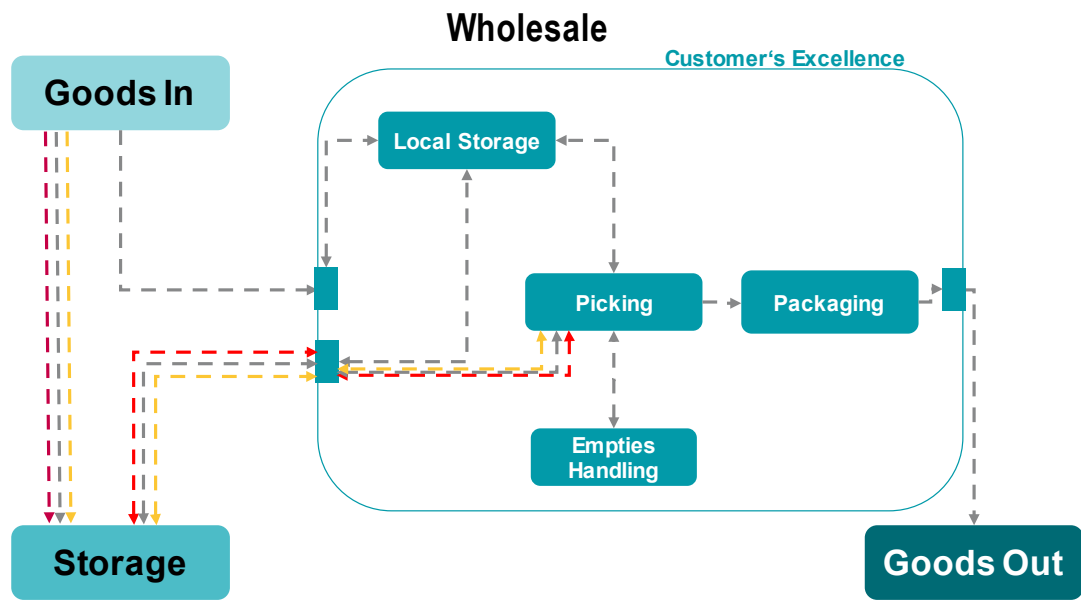
knapp.com | confidential

Health Care



knapp.com | confidential





Conclusion

AMR trends in the markets

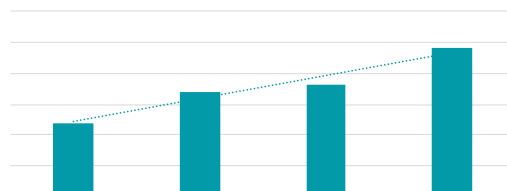
- Commodity & Consolidation
- Redundancy & Flexibility

Project trends

- High throughput with AMR
- RFIs/RFQs including AMR
- Scaling AMR Use cases



RFI/RFQ with AMR







Wenn Standard nicht reicht – Erfahrungen aus kundenspezifischen AGV-Projekten

Daniel Reitmayr



Wenn Standard nicht reicht – Erfahrungen aus kundenspezifischen AGV Projekten

Warum AGV Projekte selten zu 100% Standard sind

Logistikwerkstatt Graz, 27.05.2026

www.ds-automation.com



Inhalt

- ☐ Ausgangssituationen beim Kunden
- ☐ Praxisbeispiele
- ☐ Learnings

Daniel Reitmayr

Techn. Vertrieb und Projektierung
d.reitmayr@ds-automation.com



Typische Ausgangssituation



Erhalt der Ausschreibung



Erster Termin mit dem Kunden



Grober Überblick

www.ds-automation.com

DS Automation Confidentiality Level: Confidential

Typische Ausgangssituation



Vor – Ort Termin



www.ds-automation.com

DS Automation Confidentiality Level: Confidential

Typische Ausgangssituation



Was gute Projekte erfordern



www.ds-automation.com

DS Automation Confidentiality Level: Confidential



Anwendungen und realisierte Anlagen in der Logistik

www.ds-automation.com

Ford Köln



Projektumfang:

- Ver- und Entsorgungsprozesse bei Batteriemontagelinie

Herausforderung:

- Extreme Ladungsträgervarianz
- Fremdsysteme
- Undurchsichtige Datenlage

Umsetzung:

- Neue Software, neue Prozesse, neue Stationen
- Hardware: Angepasste Amadeus & kundenspezifische Unterfahrfahrzeuge



Arburg



Projektsumfang:

- Verkettung und Ver/Entsorgung der Montagelinie

Herausforderung:

- Übergröße bei Ladungsträgern
- Wenig Platz

Umsetzung:

- Amadeus Stapler + Eigenentwicklung „Flugzeugträger“

Meta



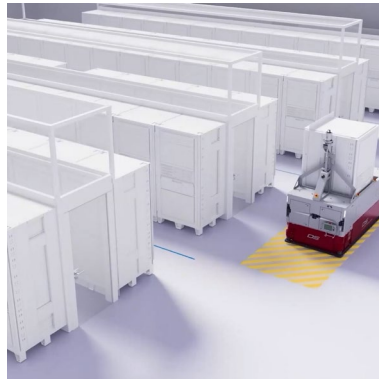
Herausforderung:

- Entwicklung kundenspez. Serverracktransportlösungen – komplett neues Umfeld in neuem Markt
- Mehrere Gewichtsklassen & komplexe Prozesse





Meta 5t



Herausforderung:

- ☐ Extreme Nutzlast
- ☐ Engste Umgebung (Cold Aisles)
- ☐ Hohe Sicherheitsanforderungen
- ☐ Umsetzungstempo

www.ds-automation.com

DS Automation Confidentiality Level: Confidential



Learnings

www.ds-automation.com

Projektierungserfahrungen



- Das Fahrzeug alleine ist selten die größte Herausforderung.
- Reale Prozesse weichen fast immer von Lastenheften ab – es gilt aber genau diese zu definieren!
- Frühzeitige Prozessanalyse spart später Projektaufwand
- Die Integration entscheidet über den Projekterfolg

www.ds-automation.com

DS Automation Confidentiality Level: Confidential



bleiben Sie mit uns in Kontakt:

www.ds-automation.com | info@ds-automation.com

   DS Automation GmbH



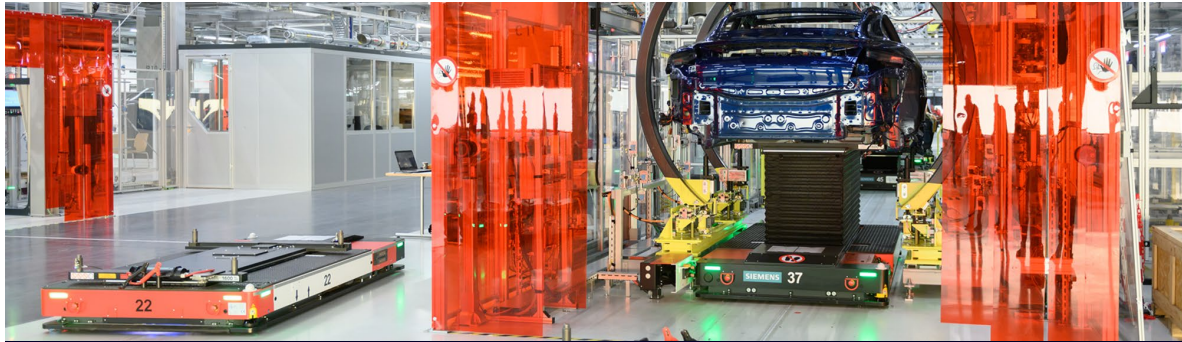
Die präsentierten Inhalte und das Fotomaterial sind Eigentum der Firma DS Automation GmbH bzw. haben wir die Rechte dafür erlangt. Daher ist die Präsentation nur mit schriftlicher Zustimmung für eine weitere Verwendung einzusetzen oder zu veröffentlichen.

© by DS Automation GmbH



Industrielle Skalierung mobiler Robotik durch Standardisierung und Interoperabilität

Jonathan Sagmeister



Industrielle Skalierung mobiler Robotik durch **Standardisierung** und **Interoperabilität**

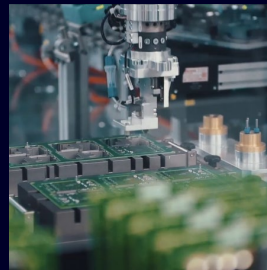
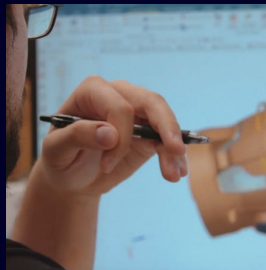
Logistikwerkstatt Graz, 27.5.2026

© Siemens 2026

SIEMENS



Wir schaffen **nachhaltige Innovationen für die Industrie**, um eine Welt zu gestalten, in der wir leben möchten – heute und morgen.

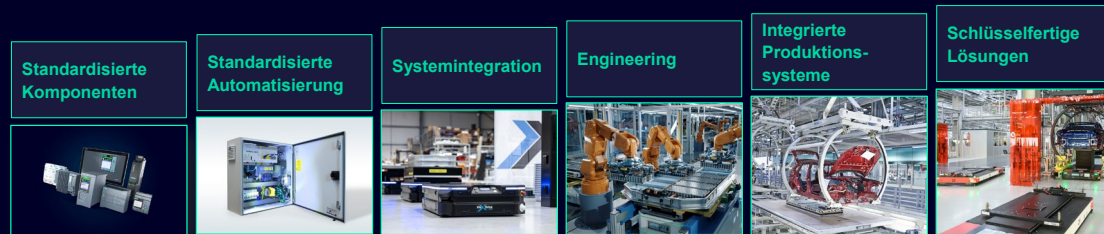


© Siemens 2026

SIEMENS



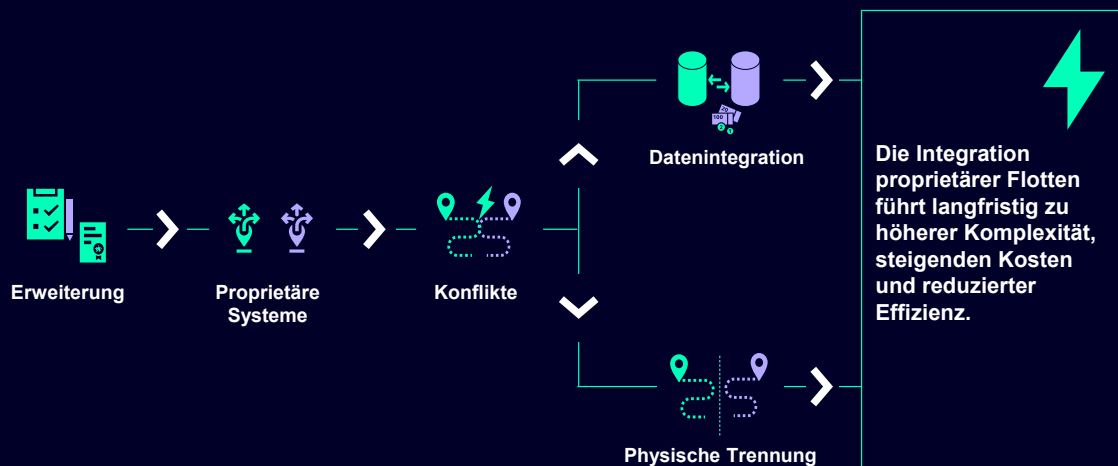
End-to-End Kompetenz für flexible und skalierbare Produktion



© Siemens 2026

SIEMENS

Stellen Sie sich vor, Sie integrieren eine neue AMR-Flotte in Ihre Produktion ...



© Siemens 2026

SIEMENS

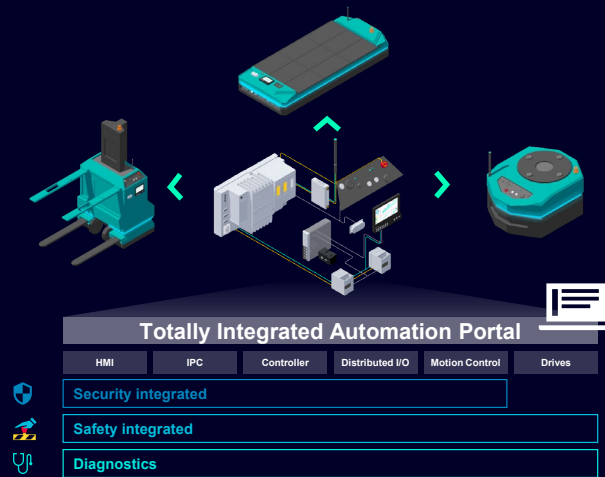


SIEMENS

SIMOVE the comprehensive system package for AMR automation



Standardisierte Automatisierung als Grundlage für skalierbare Systeme: mit TIA Portal, SIMATIC und SINAMICS



© Siemens 2026

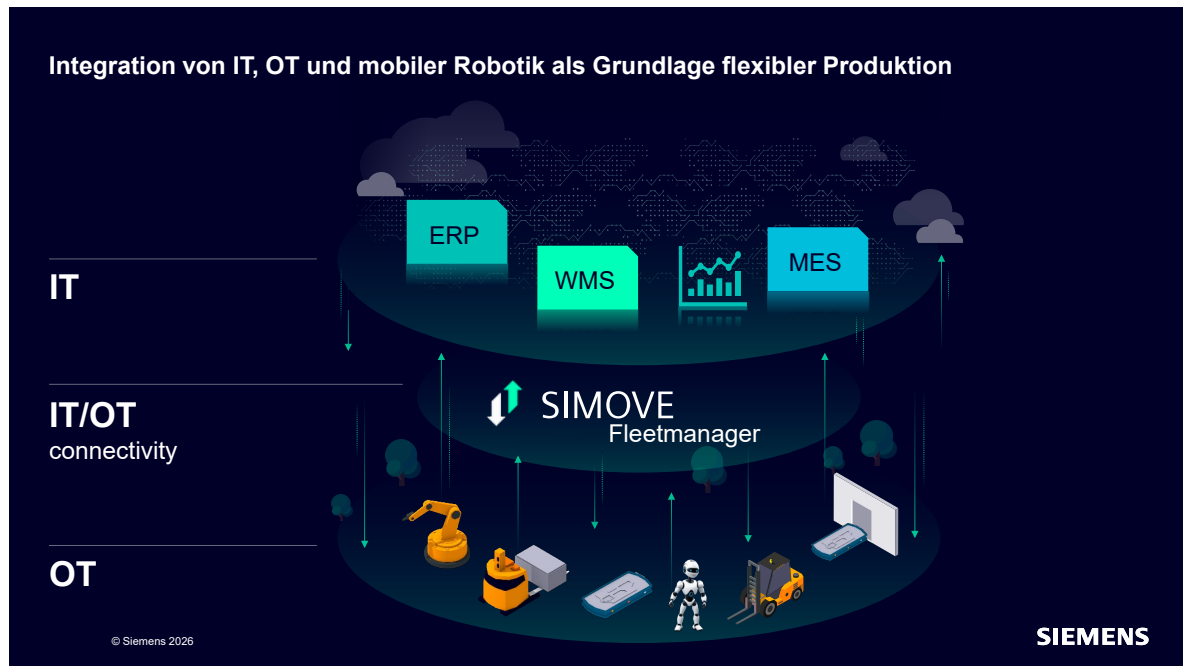
SIEMENS

Durchgängige Systemsoftware für AMR- und AGV-Lösungen: SIMOVE



© Siemens 2026

SIEMENS



Skalierbare Produktion in der Praxis: Mercedes-Benz Factory 56

Herausforderung

- Hoher Grad an Digitalisierung und Vernetzung
- Integration verschiedener AGVs unterschiedlicher Hersteller
- Skalierbare Logistik für ein globales Produktionskonzept

Umsetzung

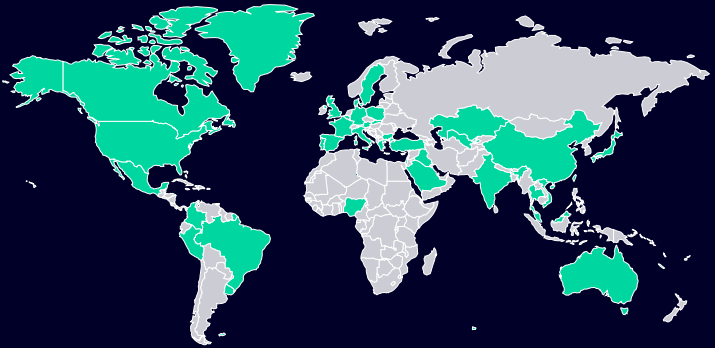
- Integrierte Flottensteuerung für über 500 Fahrzeuge in einem System
- Herstellerübergreifende Integration auf Basis standardisierter Schnittstellen
- Durchgängige Automatisierung der Produktion auf einer einheitlichen Plattform



© Siemens 2026

SIEMENS

SIMOVE Referenzen









HONDA





SCANIA



© Siemens 2026

SIEMENS

Mehr Flexibilität und Skalierbarkeit durch Standardisierung und Interoperabilität in der mobilen Robotik



Zentrale Steuerung mobiler Robotik

Steuerung von AGVs, AMRs und weiteren mobilen Systemen in einem System mit zentraler Transparenz und Koordination



Reduzierte Herstellerabhängigkeit

Integration verschiedener Anbieter durch standardisierte Schnittstellen und einfache Erweiterung der Flotte

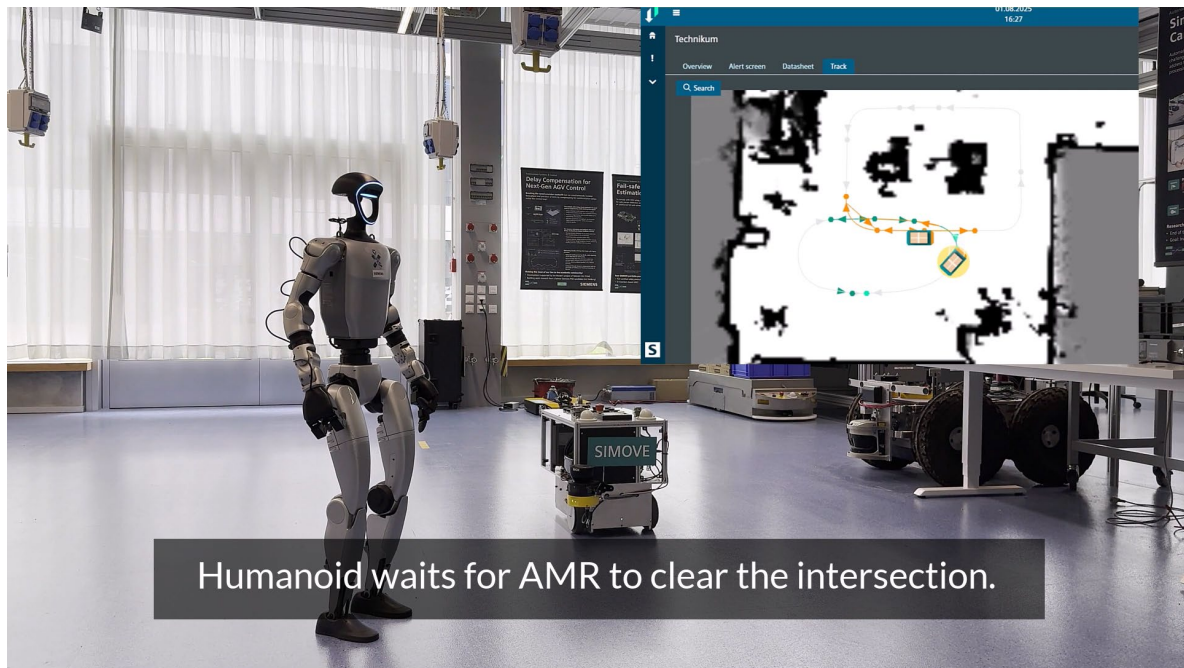


Flexible Anpassung an neue Anforderungen

Erweiterung und Anpassung der mobilen Robotik ohne aufwendiges Re-Engineering

© Siemens 2026

SIEMENS



Kontakt

Jonathan Sagmeister
System Architect

Horizontal Flexible Production
Siemensstraße 90
1210 Wien
Österreich

Mobil: +43 664 8855 7413

E-Mail: jonathan.sagmeister@siemens.com



© Siemens 2026





Disclaimer

© Siemens 2026

Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Alle Produktbezeichnungen können Marken oder sonstige Rechte der Siemens AG, ihrer verbundenen Unternehmen oder dritter Gesellschaften sein, deren Benutzung durch Dritte für ihre eigenen Zwecke die Rechte der jeweiligen Inhaber verletzen kann.

© Siemens 2026

SIEMENS



Alternative & nachhaltige Materialkonzepte für AGV

Thomas Wagner



Alternative & nachhaltige Materialkonzepte für AGV

Stahl vs. Holz im FTS-Rahmenbau

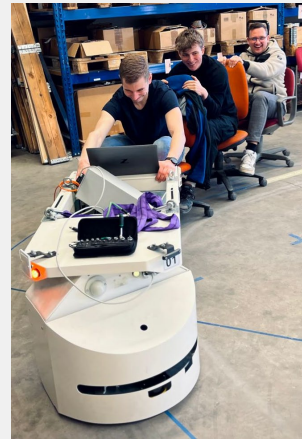
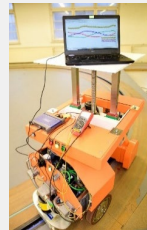


Gliederung

- **Status Quo:**
Kurzvorstellung moderner Fahrerloser Transportfahrzeuge (FTF)
Aktueller Stand der Entwicklung und Untersuchungen
- **Materialvergleich:**
Warum rückt die Materialwahl (Stahl vs. Holz) aktuell in den Fokus?
- **Nachhaltigkeit:**
Bewertung von Holz als Konstruktionswerkstoff unter
ökologischen und energetischen Gesichtspunkten

Beldrive Engineering GmbH

- Wer sind wir?
- Was ist unser Hintergrund?
- Was sind unsere Stärken?



2



Status Quo



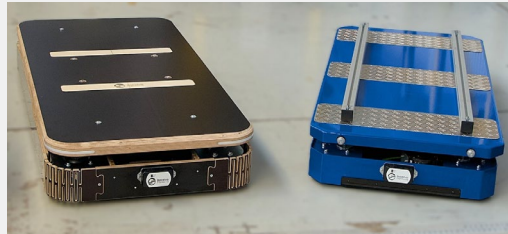
3



Status Quo

Holz im Maschinenbau?

"Rückschritt"
oder
„High-Tech-Lösung“ für Leichtbau?



4



Status Quo



5



Materialvergleich: Stahl vs. Holz

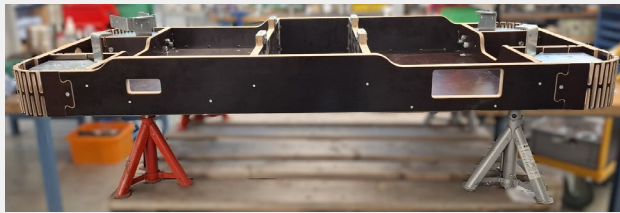
Materialeigenschaften:

Stahl:

- ✓ Hohe Festigkeit / Steifigkeit, robust, hohes Eigengewicht

Holz (z.B. Furnierwerkstoff WVC – Wood Veneer Composite):

- ✓ Hohes Festigkeits-Gewichts-Verhältnis, vibrationsdämpfend, geringes Eigengewicht



6

Materialvergleich: Stahl vs. Holz

Konstruktion & Fertigung:

Stahl:

Lasern ► Schweißen ► Galvanik ► Farbgebung ► Montage FTF

Holz:

CNC-Fräsen & Fügen & Verschrauben ► Montage FTF

= geringere Aufwände in der Produktion

- Logistische Aufwände = Energetische Aufwände
- zeitliche Aufwände

7



Materialvergleich: Stahl vs. Holz

Lebensdauer & Robustheit



8



Nachhaltigkeit: Energetische Aspekte

- **Gewichtersparnis**
 - Reduktion der bewegten Masse durch leichteren Holzrahmen
- **Energieeffizienz im Betrieb**
 - Reduzierung des Rollwiderstandes und der Beschleunigungsenergie
 - Erhöhung der Batterielaufzeit pro Ladezyklus
- **Graue Energie**
 - Vergleich des Energieaufwands bei der Herstellung und Verarbeitung der Komponenten



9



Nachhaltigkeit: CO₂-Vorteile & Ökobilanz

- **CO₂-Fußabdruck (Product Carbon Footprint)**
 - Stahl: CO₂-intensive Primärproduktion (Hochofenprozess)
 - Holz: Kohlenstoffspeicherung (Sequestrierung) während des Baumwachstums
- **Circular Economy**
 - Recyclingfähigkeit von Stahl vs. Kaskadennutzung von Holz
 - WVC ► Spanplatte ► Spanplatte ► ... thermische Verwertung
 - Regionale Verfügbarkeit der Rohstoffe



10



Nachhaltigkeit: Leerfahrtquote

- **Begriffsdefinition:**
 - Lastfahrt: Fahrt vom Aufnahmepunkt der Nutzlast zum Abgabepunkt (direkte Wertschöpfung)
 - Leerfahrt: Fahrt vom letzten Abgabepunkt ohne Nutzlast zum nächsten Aufnahmepunkt
 - **Ziel: Leerfahrtquote < 30 - 40%**
 - **Realität: > 50%** (lt. Studien des Fraunhofer IMU)
- Wegoptimierung mit intelligenter Leitsteuerung erforderlich

11



Nachhaltigkeit: Leerfahrtquote

- Gewichtsreduktion führt zur Senkung des Energiebedarfs
- Energieeffizienz abhängig vom Gesamtgewicht des Fahrzeugs (Last- und Leerfahrten)
- Realisierte **Gewichtseinsparung ca. 25 % / ca. 60 Kg** des Fahrzeuggewichtes
- ca. **14% Energieeinsparung** bei Leerfahrt
- Einfluss bei Lastfahrt mit **1500 Kg Nutzlast** geringer



12



Weitere Vorteile der Holzbauweise

- **Vibrationsschutz**
Schonung der verbauten Elektronik und Sensoren (LiDAR, Kameras) durch natürliche Schwingungsdämpfung
- **Wartungsfreundlichkeit**
Leichter Austausch von defekten Bauteilen durch Instandhaltung vor Ort
- **Imagefaktor**
Sichtbare Nachhaltigkeit als Wettbewerbsvorteil im Marketing



13



Fazit & Ausblick

- **Zusammenfassung**
Wann ist Holz die bessere Wahl?
(Leichtbau- vs. Schwerlastanwendungen)
- **Herausforderungen**
Umgang mit Feuchtigkeitsempfindlichkeit (vor allem Outdoor)
Langzeitverhalten von Holzverbindungen
- **Ausblick**
Die Bedeutung der Materialwahl für eine
effiziente Logistik der Zukunft



14



Kontakt und Informationen



Website



LinkedIn



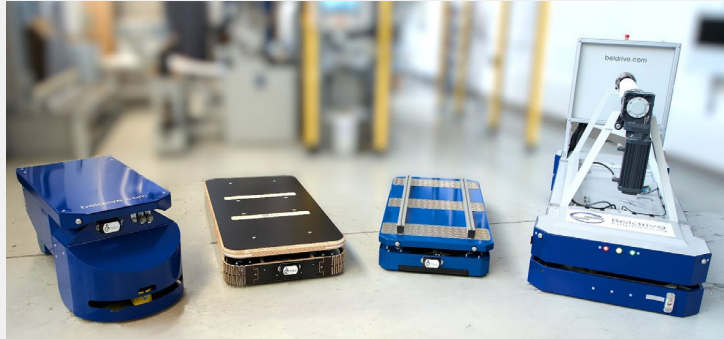
Mietmodell

15





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!





Mobile Cobots im Einsatz – Wie MiR den Materialfluss revolutioniert

Johannes Prack



TERADYNE Robotics

Mobile Cobots im Einsatz – Wie MiR den Materialfluss revolutioniert

Teradyne Robotics – the new age advanced robotics portfolio

**World's largest install base of
Collaborative and Autonomous Mobile Robots**

Teradyne's Investment and Execution Engine

Advanced Robotics Technology

\$3B USD annual revenue	60 years serving the world's most demanding electronics customers using a lean operating model	Reliable half of the world's semiconductors are tested on Teradyne testers - our customers count on us.	6,500 + employees in around the globe	29% of the cobot market share, making us the market leader	130 patents issued	1,320 partners, including system integrators and distributors in 60+ countries	\$700M+ invested by Teradyne in advanced robotics and automation	110,000 advanced robotic systems deployed worldwide

Creating a world where people work **with** robots, not **like** robots



Automation on the **move**



Open platform hardware & software enabling OEMs and End-Users to build and deploy AI & robotics solutions quickly and with high ROI.

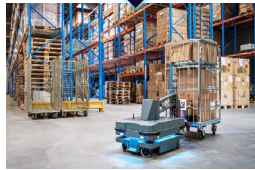
Why choose AMRs?

Revolutionize logistics processes and jobs

Pallet jacks and forklifts



Carts



Conveyors



AGVs



MiR

3

Robot and Solution Portfolio



AMRs to transport small- and medium sized goods

MiR250

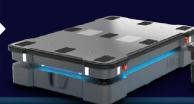


MC250

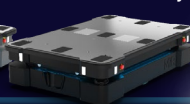


AMRs to transport heavy loads and pallets

MiR600



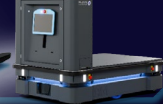
MiR1350



MiR1200 Pallet Jack



MC600



Top modules and accessories

MiR Lifts



MiR Shelf Carrier



MiR Hook



MiR Charge



MiR Fleet MFE



MiR Insights



MiR

4



Overview: MiR robots in action in 30 seconds!



MiR

5

A promotional graphic for MiR Go. The background is dark blue with a geometric pattern. In the center, the text 'MiR | Go' is displayed in large, white and blue letters. Below the text, the phrase 'Extend the functionality with MiR Go' is written in white. The graphic features several images of MiR robots equipped with different attachments: a robotic arm, a pallet jack, a multi-tiered shelving unit, a conveyor belt, a stack of boxes, a red storage cabinet, and a red fire extinguisher.



Why Mobile Cobots?

General Automation Benefits:

- Address labor shortage
- Free up staff for complex tasks
- Improved product quality
- Traceability
- Increased throughput
- Eliminate tedious and repetitive tasks

Additional Benefits with Mobile Cobots:

- Physical capabilities like human operators which means that **minimal modifications to environment** are needed
- Mobile Cobots can share workspace with humans, allowing for a **gradual phase-in of automation**
- The flexibility of the platform means that it is **less sensitive to changes in workflows** or layouts compared to traditional automation.



Typical Use Cases / Workflows

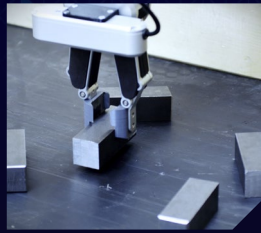


Find & Verify

Marker calibration ensures precision and verification

Before the robot picks up an item it calibrates to a 3D marker to ensure precision. At the same time, it can scan a QR or barcode to verify that it has found the right item.

MiR



Pick

Pick with the tool that fits the item

The Mobile Cobot can be equipped with a great variety of arm tools from the UR+ Partner program, depending on what it has to pick: Big or small boxes, soft, hard, or irregular items. Randomly placed items can be detected with the camera without a calibration marker.



Transport

Navigating alongside humans in a dynamic setup

The Mobile Cobot is safe to operate alongside humans in a changing environment. It navigates autonomously around obstacles and communicates with doors and elevators to work not only in one room but in an entire building.



Unload

Just in time delivery and traceability

Before unloading the item, the robot scans the marker to log the new position of the item in the ORGANIZER logfile. That way the system always knows where all items are placed. The integrations with the ERP system makes it possible to keep track of which boxes or shelves are empty.

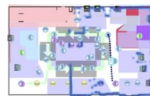
Before

9

Advanced Vision Features

Navigation

Obstacle detection
Overhang detection



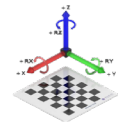
Barcode and QR code reading

Read QR codes
Read barcodes



Calibration to marker

+/- 1 cm dock precision
+/- 1 mm grip precision



Object detection

2D object detection
Customize confidence threshold



MiR

10

MC600 – Redefining Automation with Power and Precision

The MC600 is designed to maximize productivity with advanced mobility and versatility in modern production and warehouse operations. Combining an agile autonomous mobile robot from MiR with a powerful robotic arm from Universal Robots, it automates a wide range of tasks, from material handling to assembly.

This mobile cobot solution empowers businesses to enhance efficiency, improve safety, and redeploy human workers to more valuable, ergonomic roles. With seamless integration and reliable performance, the MC600 enables operations to be more flexible, scalable, and responsive to changing demands.



MiR

11

MC600 Use Cases



Fulfilment

Box replenishment and lineside delivery

A large stack area and deck space on the robot enables it to transport multiple boxes simultaneously, increasing efficiency by reducing the number of trips needed. This maximizes productivity and optimizes workflow, especially in high-demand environments.



Palletizing

Flexible palletizing between production lines and logistics area

MiR Mobile Cobots reduce labor costs by handling repetitive and labor-intensive palletizing tasks, minimizing the need for manual labor, especially in high-turnover roles or during shifts with labor shortages. This enables businesses to reassign human workers to higher-value tasks, boosting overall workforce efficiency.



Machine Tending

One Mobile Cobot tending multiple workstations in a 24/7 workflow

A single mobile cobot can service multiple conveyors, allowing for faster and more flexible production workflows. With the ability to manage several tasks simultaneously, the mobile cobot reduces the need for multiple static robots, saving on equipment and operational costs.

MiR

12

Mobile Cobot Applications



Automotive

Box replenishment and lineside delivery

Forvia is a global automotive supplier and has automated most of the production, warehouse and assembly lines. A Mobile Cobot takes care of the replenishment of big and 'unhandy' boxes from high shelves – a task that is too strenuous for human workers.



Lab & Pharma

Transports test samples across building floors

At Discovery Park in Kent, UK they are at the forefront in exploring how to deploy mobile cobots in a fully automated test cycle workflow for the pharmaceutical industry. This test case was designed to test how The Mobile Cobot can manage a fully automated sample test cycle of pills - or OSD-testing (Oral Solid Dosage) in professional terms.



CNC Manufacturing

One Mobile Cobot tending a lathe machine and three other workstations in a 24/7 workflow

Thanks to the smart planning of the work floor layout, this Mobile Cobot is capable of operating day and night in a continuous workflow. It utilizes only one gripper tool to handle metal parts processed from a lathe machine, transporting them to a cleaning station, to a measuring machine, and finally placing the parts in a box.

MiR

13

MiR | Go Approved

Q & A



MiR | Go Approved

Thank you

If you are interested or have any questions,
we would be happy to hear from you.

Markus Zaunmayr

markus.zaunmayr@teradyne-robotics.com

+43 664 1318571

Johannes Prack

jprack@mir-robots.com

+43 660 3484538





Posterbeiträge der Logistikwerkstatt Graz 2026

Entwicklung einer Android-Applikation zur einzigartigen automatisierten Steuerung einer Drohne in einem Logistiklabor

Autor: Dr. Ákos Cservénák, Assistenzprofessor
Universität/Institut: Universität Miskolc, Institut für Logistik, Ungarn

Einführung

Der Einsatz von Drohnen nimmt weltweit rasant zu – sowohl im Hobbybereich als auch in professionellen Anwendungen wie Kartierung, Landwirtschaft, Rettungseinsätzen und Logistik. Aufgrund ihrer Flexibilität, Mobilität und niedrigen Betriebskosten bieten Drohnen großes Potenzial zur Unterstützung moderner Logistiksysteme.

Am **Institut für Logistik der Universität Miskolc** wurde eine DJI Mini 4 Pro-Drohne für Bildungs- und Forschungszwecke eingesetzt. Im **Logistik 4.0 Labor** werden automatisierte Materialflussprozesse mit Förderband-, Regalsystemen und AGVs modelliert.

Diese Forschung stellt ein drohnenbasiertes Überwachungssystem zur automatisierten Produktverfolgung vor. Dafür wurde eine Android-Applikation mit Android Studio und dem DJI Mobile SDK entwickelt. Der Ansatz ermöglicht eine flexible und innovative Überwachung logistischer Prozesse in einer Laborumgebung. Dieses Poster zeigt die Schritte der Entwicklung.

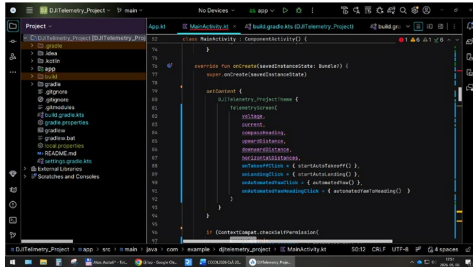
Laborumgebung

Drohne



DJI Mini 4 Pro, Fernsteuerung und Tablet (selbst aufgenommene Bilder)

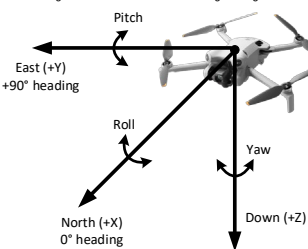
Android Studio



Selbstes Drohnenprogramm in der Entwicklungsumgebung Android Studio

Drohnen-Koordinatensystem

N (+X): Bei 0° zeigt die Kamera nach Norden **Roll**: Drehung entlang der Y-Achse, Bewegung in ±X
E (+Y): Bei 90° zeigt die Kamera nach Osten **Pitch**: Drehung entlang der X-Achse, Bewegung in ±Y
D (+Z): Die Unterseite zeigt zum Boden **Yaw**: Drehung entlang der Z-Achse zu ±RZ



Drohnen-NED-Koordinatensystem sowie Roll-, Yaw- und Pitch-Richtungen

Logistik 4.0 Labor



Logistik 4.0 Labor (selbst aufgenommenes Panoramabild mit der Drohne)

Das Materialflusssystem besteht aus folgenden Teilen

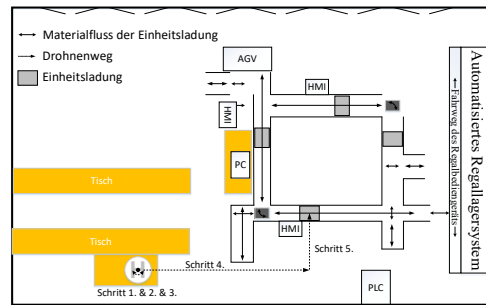
- Hochregallagersystem mit automatisiertem Regalbediengerät
- Automatisiertes Fördersystem für den Stückguttransport
- AGV/FTS (Automated Guided Vehicle) mit installiertem 6-Achs-Industrieroboter
- AMRs (Autonomous Mobile Robots)
- HMIs (Human-Machine Interfaces) und PLC/SPS-Steuern

Die Forschungsgrundlagen dieser Elemente wurden in [1]–[4] vorgestellt. Als neues Element wurde dieses Ökosystem um eine Drohne erweitert.

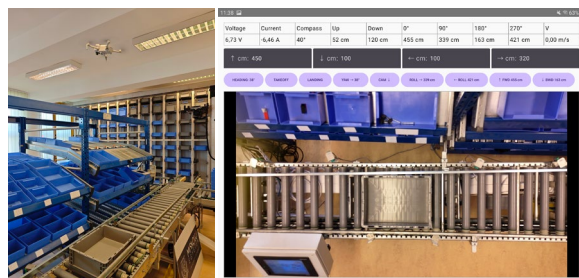
Einrichtung einfacher automatisierter Bewegung der Drohne

Das Ziel: von einem Home-Point zu einer Ladeinheit zu fliegen. Die einzelnen Schritte sind:

- Schritt 1: Start vom Home-Point auf ca. 2,5 m Höhe (Bewegung in +Z-Richtung)
- Schritt 2: Yaw-Bewegung zur voreingestellten Kompassrichtung, Ausrichtung zum Laborfenster
- Schritt 3: Drehung der Kamera nach unten in Richtung Boden
- Schritt 4: Roll-Bewegung in Richtung des automatisierten Regalsystems
- Schritt 5: Pitch-Bewegung in Richtung des Laborfensters



Schritte der Drohnenbewegung im Layout der Laborumgebung (selbst Visio-Objekt)



Zustand der Drohne nach Schritt 5 nach der Roll-Bewegung (selbst Bild und Screenshot)

Literatur

- Cservénák, Á., Hólar, Z.: A multidisciplinary learning model using AGV and AMR for Industry 4.0's laboratory courses. In: *Industry 4.0*, pp. 141–151. Springer, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14177-0_06
- Cservénák, Á.: Development possibilities of controlling system in the Logistics 4.0 laboratory at the University of Miskolc. In: *Dokl. G. (ed.) Proceedings of the International Conference on Industrial Logistics (ICIL 2023)*, Zagreb, Croatia, pp. 33–38. International Centre for Innovation and Industrial Logistics (ICIL), University of Zagreb (2023)
- Bárczy, T., Cservénák, Á.: Logistics and mechatronics related research in mobile robot-based material handling. In: *Vehicle and Automotive Engineering 4*, Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 428–443. Springer (2022) https://doi.org/10.1007/978-3-031-10211-5_36
- Pápai, I., Bárczy, T., Rák, B., Tóth, S., Varga, P., Cservénák, Á., Hólar, Z., Székely-pécs, R.: Development possibilities of the high-tech logistics laboratory established at the Institute of Logistics of the University of Miskolc. *J. Eng. Res. Rep.* 13(3), 60–68 (2020) <https://doi.org/10.5734/jer.2020.130317127>



Einführung

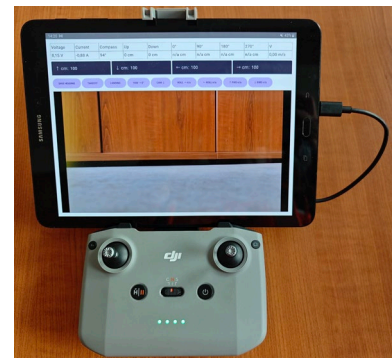
Der Einsatz von Drohnen nimmt weltweit rasant zu – sowohl im Hobbybereich als auch in professionellen Anwendungen wie Kartierung, Landwirtschaft, Rettungseinsätzen und Logistik. Aufgrund ihrer Flexibilität, Mobilität und niedrigen Betriebskosten bieten Drohnen großes Potenzial zur Unterstützung moderner Logistiksysteme.

Am **Institut für Logistik der Universität Miskolc** wurde eine DJI Mini 4 Pro-Drohne für Bildungs- und Forschungszwecke eingesetzt. Im **Logistik 4.0 Labor** werden automatisierte Materialflussprozesse mit Förderband-, Regalsystemen und AGVs modelliert.

Diese Forschung stellt ein drohnenbasiertes Überwachungssystem zur automatisierten Produktverfolgung vor. Dafür wurde eine Android-Applikation mit Android Studio und dem DJI Mobile SDK entwickelt. Der Ansatz ermöglicht eine flexible und innovative Überwachung logistischer Prozesse in einer Laborumgebung. Dieses Poster zeigt die Schritte der Entwicklung.

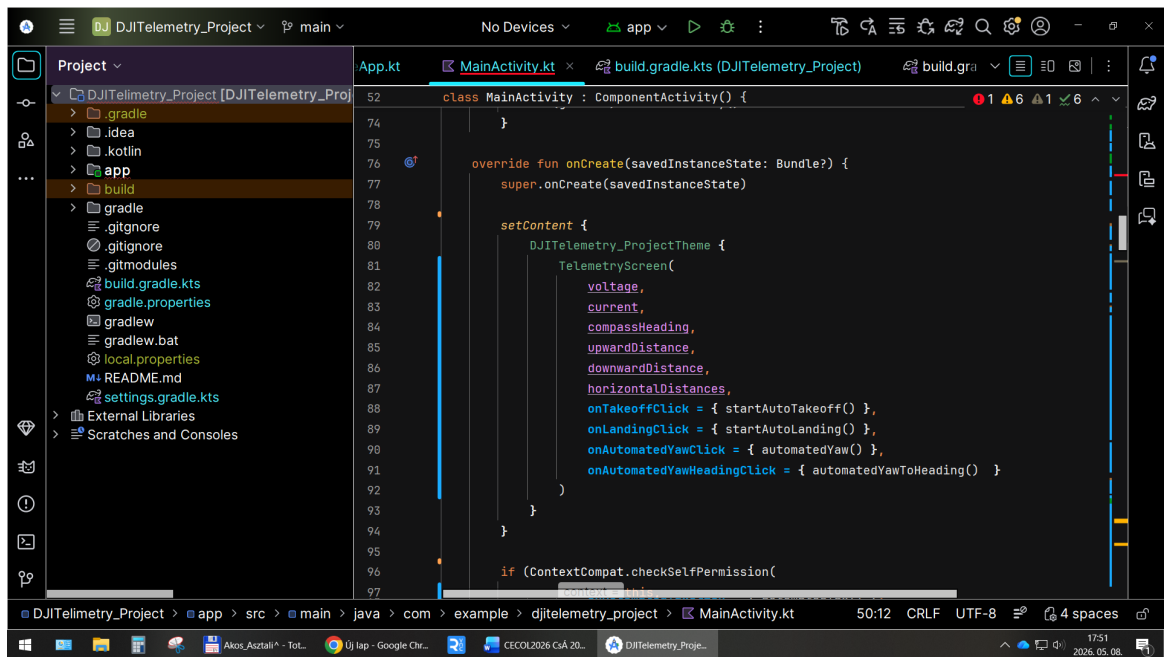
Laborumgebung

Drohne



DJI Mini 4 Pro, Fernsteuerung und Tablet (selbst aufgenommene Bilder)

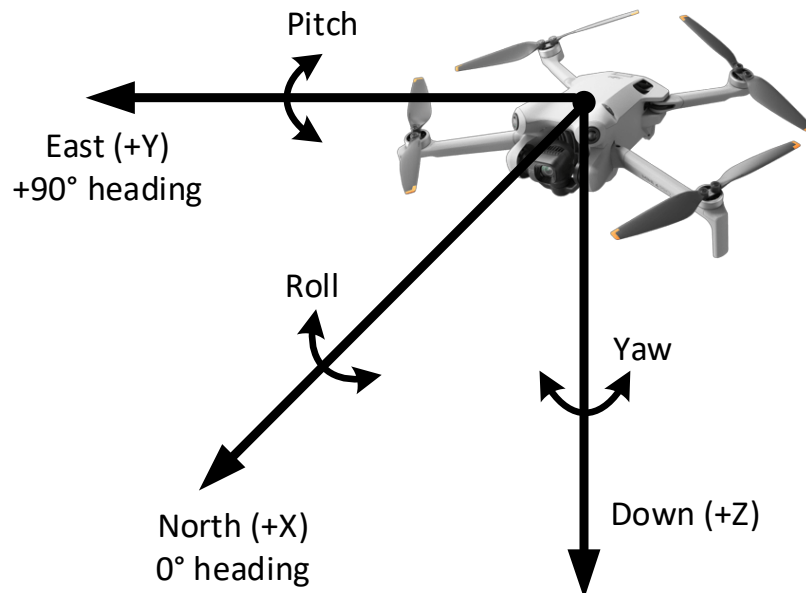
Android Studio



Selbes Drohnenprogramm in der Entwicklungsumgebung Android Studio

Drohnen-Koordinatensystem

N (+X): Bei 0° zeigt die Kamera nach Norden *Roll:* Drehung entlang der Y-Achse, Bewegung in ±X
E (+Y): Bei 90° zeigt die Kamera nach Osten *Pitch:* Drehung entlang der X-Achse, Bewegung in ±Y
D (+Z): Die Unterseite zeigt zum Boden *Yaw:* Drehung entlang der Z-Achse zu ±RZ



Drohnen-NED-Koordinatensystem sowie Roll-, Yaw- und Pitch-Richtungen



Logistik 4.0 Labor



Logistik 4.0 Labor (selbst aufgenommenes Panoramabild mit der Drohne)

Das Materialflusssystem besteht aus folgenden Teilen

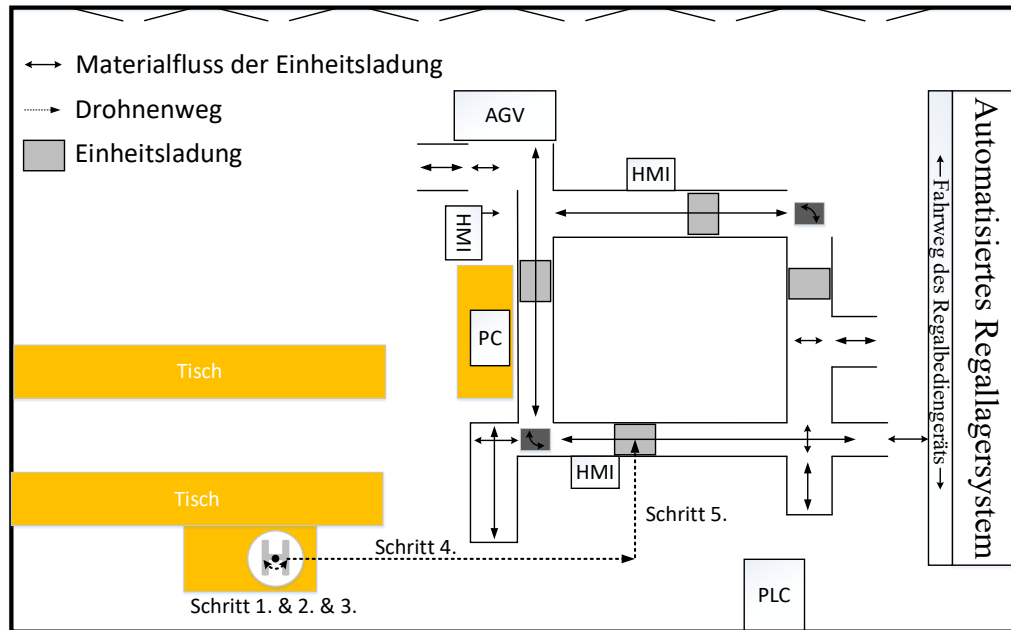
- Hochregallagersystem mit automatisiertem Regalbediengerät
- Automatisiertes Fördersystem für den Stückguttransport
- AGV/FTS (Automated Guided Vehicle) mit installiertem 6-Achs-Industrieroboter
- AMRs (Autonomous Mobile Robots)
- HMIs (Human-Machine Interfaces) und PLC/SPS-Steuerungen

Die Forschungsgrundlagen dieser Elemente wurden in [1]–[4] vorgestellt. Als neues Element wurde dieses Ökosystem um eine Drohne erweitert.

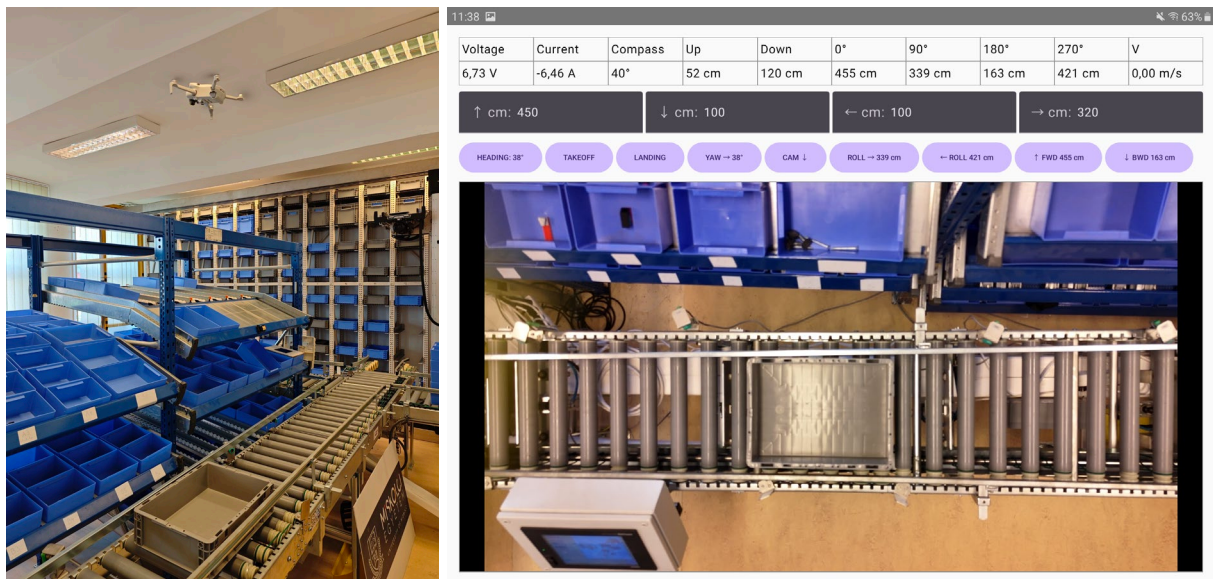
Einrichtung einfacher automatisierter Bewegung der Drohne

Das Ziel: von einem Home-Point zu einer Ladeinheit zu fliegen. *Die einzelnen Schritte sind:*

- Schritt 1: Start vom Home-Point auf ca. 2,5 m Höhe (Bewegung in -Z-Richtung)
- Schritt 2: Yaw-Bewegung zur voreingestellten Kompassrichtung, Ausrichtung zum Laborfenster
- Schritt 3: Drehung der Kamera nach unten in Richtung Boden
- Schritt 4: Roll-Bewegung in Richtung des automatisierten Regalsystems
- Schritt 5: Pitch-Bewegung in Richtung des Laborfensters



Schritte der Drohnenbewegung im Layout der Laborumgebung (selbst Visio-Objekt)



Zustand der Drohne nach Schritt 5 nach der Roll-Bewegung (selbst Bild und Screenshot)

Kooperative Transporte mit mobilen Robotern: Vorteile, Anwendungsfälle und Herausforderungen

Lukas Karzel, Jonas Nölcke, Robert Schulz
Universität Stuttgart, Institut für Fördertechnik und Logistik

Einleitung

Bei kooperativen Transporten verfahren mehrere mobile Roboter gemeinsam Stückgüter. Dieser Beitrag soll einen Überblick über die Vorteile, Anwendungsfälle und Herausforderungen kooperativer Transporte geben.

Vorteile kooperativer Transporte

Die Kernidee ist folgende: Statt für unterschiedliche Lasten unterschiedliche Roboter zu verwenden, kann immer der gleiche Typ verwendet werden. Entweder transportiert dieser Typ Roboter alleine ein kleines Stückgut oder im Verbund mit anderen Robotern beliebig große Stückgüter (Abbildung 1).

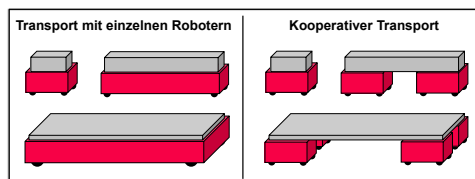


Abbildung 1: Der Transport von drei Stückgütern mit drei unterschiedlichen mobilen Robotern (links) oder kooperativ mit mehreren Robotern des selben Typs (rechts)¹

Verglichen mit dem herkömmlichen Fall (Abbildung 1, links) bringt das folgende **Vorteile** mit sich:¹

- **nur ein Robotertyp nötig**
- **höhere Standardisierung**
- **variable Ladungsgrößen**
- **höhere Auslastung**, da jeder Roboter jeden Auftrag annehmen kann
- **geringerer Platzbedarf**, gerade bei Leerfahrten oder wenn die Roboter nicht im Einsatz sind
- bei speziellen Anwendungsfällen: **einfachere Lastaufnahme**

Beispiele für Anwendungsfälle

Insbesondere bei Schwerlasttransporten werden kooperative Transporte bereits in mehreren Unternehmen eingesetzt. Die Fahrzeuge können dabei meistens nicht nur kooperativ sondern auch einzeln Stückgüter transportieren. Sie fahren oft manuell gesteuert, teilweise aber auch automatisch. Zusätzlich finden sich Anwendungsideen in Patenten. So gibt es Konzepte mehrere verkettete Regale oder Pkw in Parkhäusern kooperativ zu transportieren. Auch das am IFT entwickelte Doppelkufensystem ist ein Beispiel für einen kooperativen Transport, da hier zwei mechanisch getrennte Kufen zusammen eine Last transportieren. (Abbildung 2)

Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein einzelner Roboter für den Transport kleiner Lasten im Behälter- oder Palettenformat kostengünstiger sein wird, als zwei oder vier Roboter für einen kooperativen Transport.

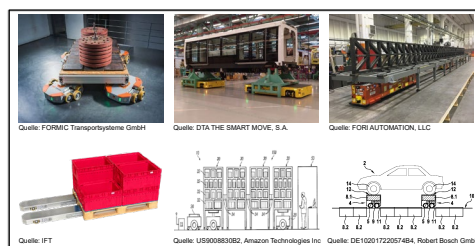


Abbildung 2: Beispiele für kooperative Transporte

Herausforderungen

Für die Realisierung kooperativer Transporte muss eine Reihe an Herausforderungen bewältigt werden:¹

- **Ausgleich von Bodenebenenheiten:** Sonst droht ein Kontaktverlust bei einem Teil der Fahrzeuge und eine Überlastung der anderen. (Abbildung 3)

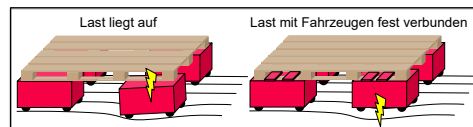


Abbildung 3: Verlust des Kontakts zwischen Fahrzeug und Last (links) oder zwischen Fahrzeug und Boden (rechts)¹

- **Passende Fahrwerke:** Alle Räder der mobilen Roboter müssen sich auf einer Achse befinden oder drehbar sein (Mecanum- und Omni-Räder ausgenommen) (Abbildung 4). Alternativ bedarf es einer zusätzlichen Verdrehmöglichkeit zwischen den Fahrzeugen und der Last.

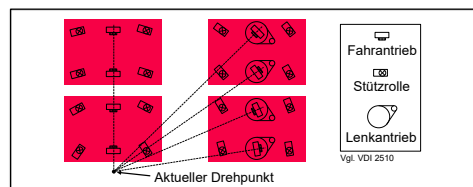


Abbildung 4: Drehung der Räder während einer Kurvenfahrt¹

- **Berechnung der Rad-Geschwindigkeiten und -Lenkwinkel:** Während der Fahrt muss für eine Vielzahl an Rädern die Geschwindigkeiten und Lenkwinkel berechnet werden.² Die maximalen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten der einzelnen Fahr- und Lenkantriebe dürfen dabei nicht überschritten werden.
- **Formationsregelung:** Die Fahrzeugabstände und -winkel müssen während der Fahrt gemessen und nachgeregelt werden.
- **Personensicherheit:** Die Fahrzeuge müssen sich selbst und die Last durch Schutzfelder absichern (Abbildung 5). Dabei dürfen sich die Fahrzeuge nicht gegenseitig als Gefahr erkennen.

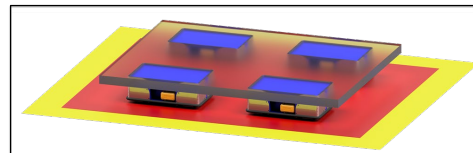


Abbildung 5: Schutz- und Warnfelder eines kooperativen Transports

Fazit und Ausblick

Kooperative Transporte bringen eine Reihe von Vorteilen und Herausforderungen mit sich. Es hängt stark vom Anwendungsfall ab, ob es sinnvoller ist, Lasten kooperativ oder mit einem einzelnen Fahrzeug zu transportieren. Zurzeit werden am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart Lösungen für die genannten Herausforderungen erarbeitet, um die Hürde zu senken, kooperative Transporte einzusetzen.

Literatur / Zitat

¹ Vgl. Lukas Karzel: Kooperative Transporte: Potenziale und Herausforderungen, LogMAT Expert Forum, Stuttgart, 2026

² Vgl. Carolin Brenner: Interoperabilität beliebiger fahrerloser Transportfahrzeuge durch eine einheitliche Bewegungskoordination für die zukünftige vernetzte Intralogistik, Dissertation, Universität Stuttgart, 2024

Einleitung

Bei kooperativen Transporten verfahren mehrere mobile Roboter gemeinsam Stückgüter. Dieser Beitrag soll einen Überblick über die Vorteile, Anwendungsfälle und Herausforderungen kooperativer Transporte geben.

Vorteile kooperativer Transporte

Die Kernidee ist folgende: Statt für unterschiedliche Lasten unterschiedliche Roboter zu verwenden, kann immer der gleiche Typ verwendet werden. Entweder transportiert dieser Typ Roboter alleine ein kleines Stückgut oder im Verbund mit anderen Robotern beliebig große Stückgüter (Abbildung 1).

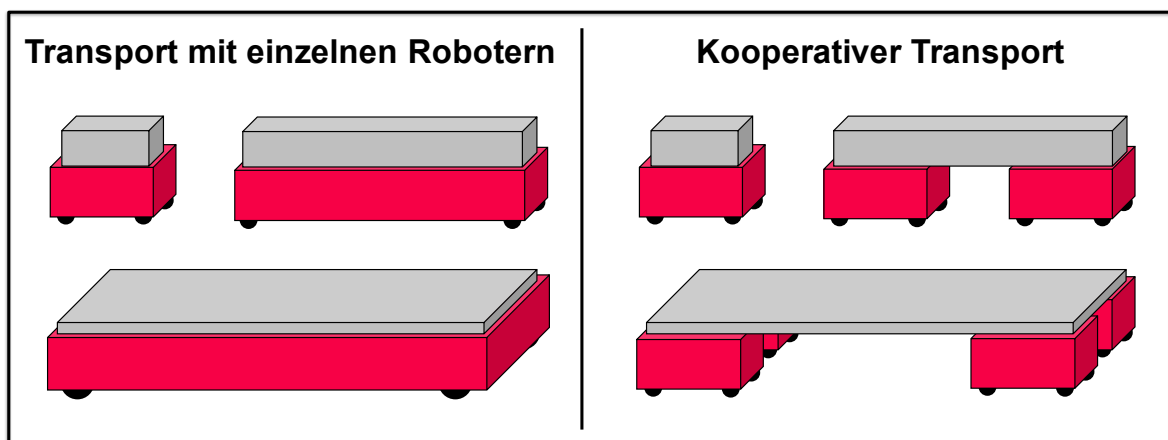


Abbildung 1: Der Transport von drei Stückgütern mit drei unterschiedlichen mobilen Robotern (links) oder kooperativ mit mehreren Robotern des selben Typs (rechts)¹

Verglichen mit dem herkömmlichen Fall (Abbildung 1, links) bringt das folgende **Vorteile** mit sich:¹

- **nur ein Robotertyp nötig**
- **höhere Standardisierung**
- **variable Ladungsgrößen**
- **höhere Auslastung**, da jeder Roboter jeden Auftrag annehmen kann
- **geringerer Platzbedarf**, gerade bei Leerfahrten oder wenn die Roboter nicht im Einsatz sind
- bei speziellen Anwendungsfällen: **einfachere Lastaufnahme**

Beispiele für Anwendungsfälle

Insbesondere bei Schwerlasttransporten werden kooperative Transporte bereits in mehreren Unternehmen eingesetzt. Die Fahrzeuge können dabei meistens nicht nur kooperativ sondern auch einzeln Stückgüter transportieren. Sie fahren oft manuell gesteuert, teilweise aber auch automatisch. Zusätzlich finden sich Anwendungsideen in Patenten. So gibt es Konzepte mehrere verkettete Regale oder Pkw in Parkhäusern kooperativ zu transportieren. Auch das am IFT entwickelte Doppelkufensystem ist ein Beispiel für einen kooperativen Transport, da hier zwei mechanisch getrennte Kufen zusammen eine Last transportieren. (Abbildung 2)

Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein einzelner Roboter für den Transport kleiner Lasten im Behälter- oder Palettenformat kostengünstiger sein wird, als zwei oder vier Roboter für einen kooperativen Transport.



Quelle: FORMIC Transportsysteme GmbH



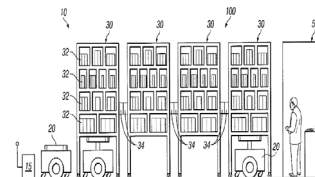
Quelle: DTATHE SMART MOVE, S.A.



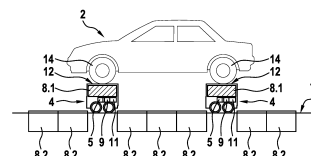
Quelle: FORI AUTOMATION, LLC



Quelle: IFT



Quelle: US9008830B2, Amazon Technologies Inc



Quelle: DE102017220574B4, Robert Bosch GmbH

Abbildung 2: Beispiele für kooperative Transporte

Herausforderungen

Für die Realisierung kooperativer Transporte muss eine Reihe an Herausforderungen bewältigt werden:¹

- **Ausgleich von Bodenunebenheiten:** Sonst droht ein Kontaktverlust bei einem Teil der Fahrzeuge und eine Überlastung der anderen. (Abbildung 3)

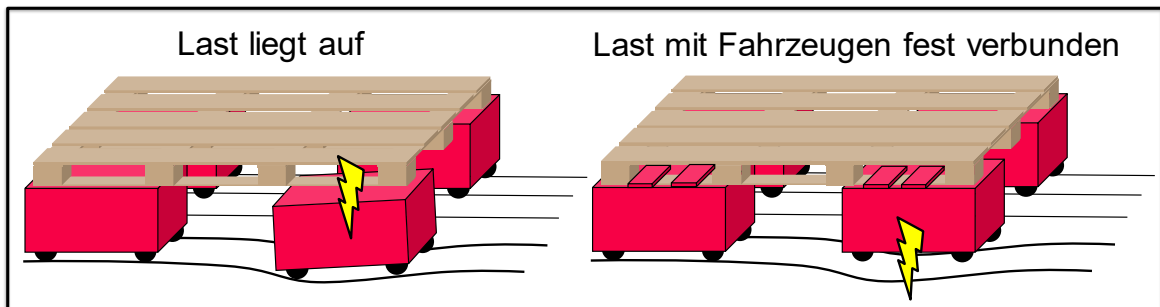


Abbildung 3: Verlust des Kontakts zwischen Fahrzeug und Last (links) oder zwischen Fahrzeug und Boden (rechts)¹

- **Passende Fahrwerke:** Alle Räder der mobilen Roboter müssen sich auf einer Achse befinden oder drehbar sein (Mecanum- und Omni-Räder ausgenommen) (Abbildung 4). Alternativ bedarf es einer zusätzlichen Verdrehmöglichkeit zwischen den Fahrzeugen und der Last.

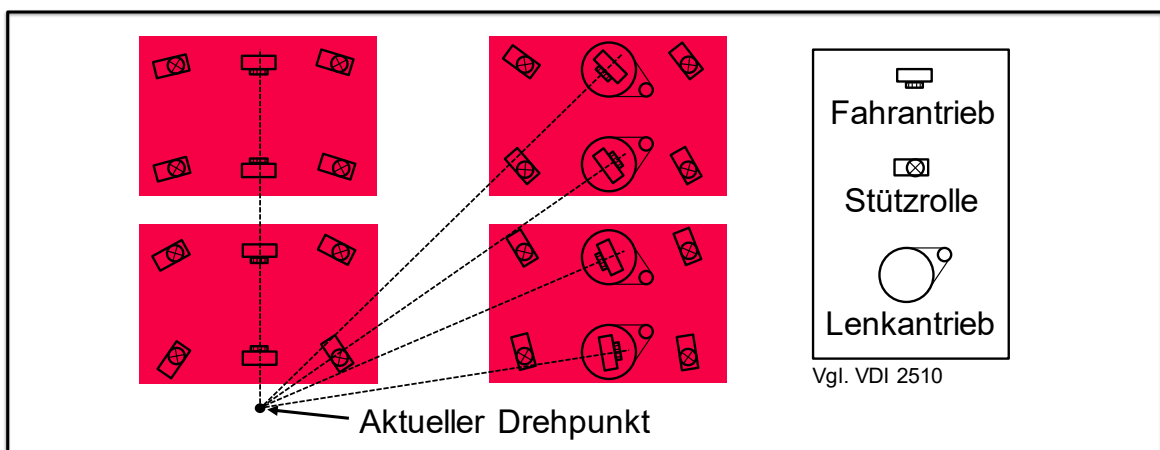


Abbildung 4: Drehung der Räder während einer Kurvenfahrt¹



- **Berechnung der Rad-Geschwindigkeiten und -Lenkwinkel:** Während der Fahrt muss für eine Vielzahl an Rädern die Geschwindigkeiten und Lenkwinkel berechnet werden.² Die maximalen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten der einzelnen Fahr- und Lenkantriebe dürfen dabei nicht überschritten werden.
- **Formationsregelung:** Die Fahrzeugabstände und -winkel müssen während der Fahrt gemessen und nachgeregelt werden.
- **Personensicherheit:** Die Fahrzeuge müssen sich selbst und die Last durch Schutzfelder absichern (Abbildung 5). Dabei dürfen sich die Fahrzeuge nicht gegenseitig als Gefahr erkennen.

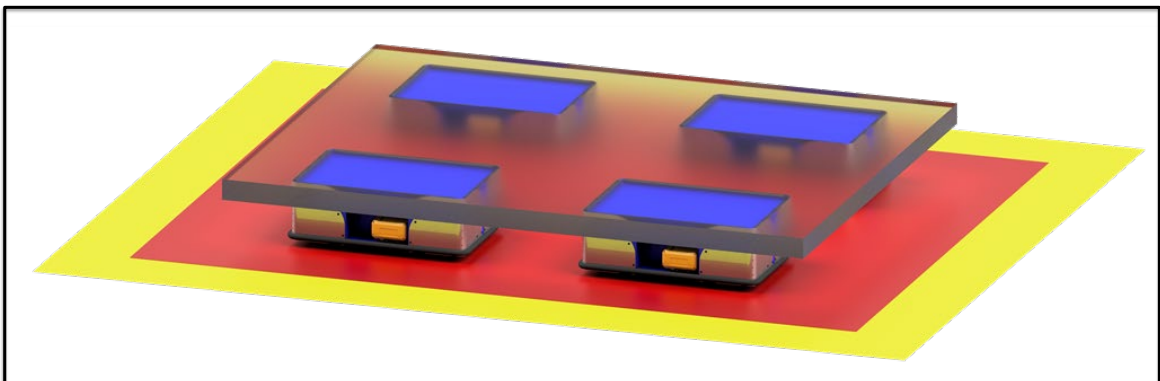


Abbildung 5: Schutz- und Warnfelder eines kooperativen Transports

Fazit und Ausblick

Kooperative Transporte bringen eine Reihe von Vorteilen und Herausforderungen mit sich. Es hängt stark vom Anwendungsfall ab, ob es sinnvoller ist, Lasten kooperativ oder mit einem einzelnen Fahrzeug zu transportieren. Zurzeit werden am Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart Lösungen für die genannten Herausforderungen erarbeitet, um die Hürde zu senken, kooperative Transporte einzusetzen.

Literatur / Zitat

¹ Vgl. Lukas Karzel: Kooperative Transporte: Potenziale und Herausforderungen, LogiMAT Expert Forum, Stuttgart, 2026

² Vgl. Carolin Brenner: Interoperabilität beliebiger fahrerloser Transportfahrzeuge durch eine einheitliche Bewegungskoordination für die zukünftige vernetzte Intralogistik, Dissertation, Universität Stuttgart, 2024

Forschung wird zum Standard

M2X – Eine einheitliche Kommunikation in der mobilen Robotik

Autor: Sven Franke

Universität: Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen

Schnittstelle für die Kommunikation zwischen mobilen Robotern und Peripheriegeräten in industriellen Umgebungen

Mobile Roboter gewinnen in der Intralogistik zunehmend an Bedeutung. Ihre Integration in bestehende industrielle Umgebungen ist jedoch häufig zeit- und kostenintensiv, da Schnittstellen zu Peripherie, wie Übergabestationen und übergeordneten Systemen (WMS, ERP) oft projektspezifisch umgesetzt werden müssen. Genau hier setzt M2X (Machine to X) an. Das Forschungsprojekt entwickelt eine herstellerübergreifende Schnittstellendefinition für die standardisierte Kommunikation und Abläufe zwischen mobilen Robotern, Flottenmanagementsystemen und industrieller Umgebung. Ziel ist es, die Inbetriebnahme mobiler Roboter zu vereinfachen, Integrationsaufwände zu reduzieren und Plug-&Play-nahe Anwendungen zu ermöglichen.

Ergebnis und Ziel von M2X

- Standardisierte Kommunikation zwischen mobilen Roboter oder Flottenmanager und Umgebung.
- Kommunikationsprozesse und -inhalte (bereitgestellt als JSON-Datei).
- So nah wie möglich an Plug & Play.
- M2X ist kein Sicherheitsprotokoll, sondern deckt nur die Kommunikation ab.
- Middleware-neutrale Publish-Subscribe-Kommunikation (beispielsweise über MQTT oder OPC-UA).
- Zu den M2X-Schnittstellen gehören:
 - Lastwechselstationen,
 - Signalgeräte,
 - Tore,
 - Aufzüge,
 - Ladestationen,
 - Transportaufträge (von WMS/ERP zu mobilem Roboter oder Flottenmanager),
 - weitere sind in Planung.

Kommunikation neu denken

- Teilnehmer...
 - verwalten und vertreten sich selbst,
 - kommunizieren auf Augenhöhe,
 - senden einen Status,
 - stellen ein Fact Sheet bereit.
- Die Kommunikation basiert auf Requests.



M2X verbindet die Kommunikation zwischen mobilen Roboter und deren Umgebung mit oder ohne einen Flottenmanager. Die Kommunikation kann auch direkt (dezentral) zwischen Peripherie und mobilen Roboter stattfinden.

M2X wird als VDMA-Einheitsblatt veröffentlicht

Ein zentrales Ergebnis des Forschungsprojekts M2X ist die geplante Überführung der entwickelten Schnittstellendefinition in ein VDMA-Einheitsblatt. Damit wird der im Projekt erarbeitete Ansatz aus der Forschung in eine industriennahe Standardisierung überführt.

- Transfer aus der Forschung in die industrielle Praxis.
- Gemeinsame Sprache für die mobile Robotik.
- Ergänzung bestehender Standards/Projekte.
- Reduzierung von Integrationsaufwand.
- Grundlage für Interoperabilität.



Zusammenarbeit mit der Industrie

- M2X ist ein industrieorientiertes Forschungsprojekt mit engem Praxisbezug.
- Bei der Definition der Schnittstellen werden Anforderungen, Herausforderungen und Anwendungsfälle der beteiligten Unternehmen systematisch berücksichtigt.
- Die Projektergebnisse sind so konzipiert, dass sie unmittelbar in industriellen Anwendungen genutzt und erprobt werden können.
- Gleichzeitig werden zukünftige Anforderungen an flexible, interoperable und skalierbare mobile Robotersysteme berücksichtigt.
- Regelmäßige Arbeitsgruppensitzungen bilden die Grundlage für die iterative Entwicklung der Schnittstellen.
- Das Projektteam moderiert die Sitzungen, strukturiert die Diskussionen und führt die erarbeiteten Inhalte zusammen.
- Die Ergebnisse werden transparent dokumentiert und über GitHub in einem öffentlichen sowie einem projektspezifischen privaten Repository bereitgestellt.

Ein Ökosystem mit der VDA 5050

M2X ergänzt die VDA 5050 um weitere relevante Schnittstellen im industriellen Umfeld mobiler Roboter. Während die VDA 5050 die Kommunikation zwischen mobilen Robotern und Flottenmanagementsystemen beschreibt, erweitert M2X die Schnittstellen um die Peripherie, sowohl in zentral gesteuerten als auch dezentralen Systemen. Technisch bauen die VDA 5050 und M2X auf derselben Logik auf. Dadurch entsteht ein interoperables Ökosystem, in dem mobile Roboter nicht isoliert betrachtet werden, sondern standardisiert mit ihrer industriellen Umgebung interagieren.

Zum Repository und zur LinkedIn Seite von M2X





Schnittstelle für die Kommunikation zwischen mobilen Robotern und Peripheriegeräten in industriellen Umgebungen

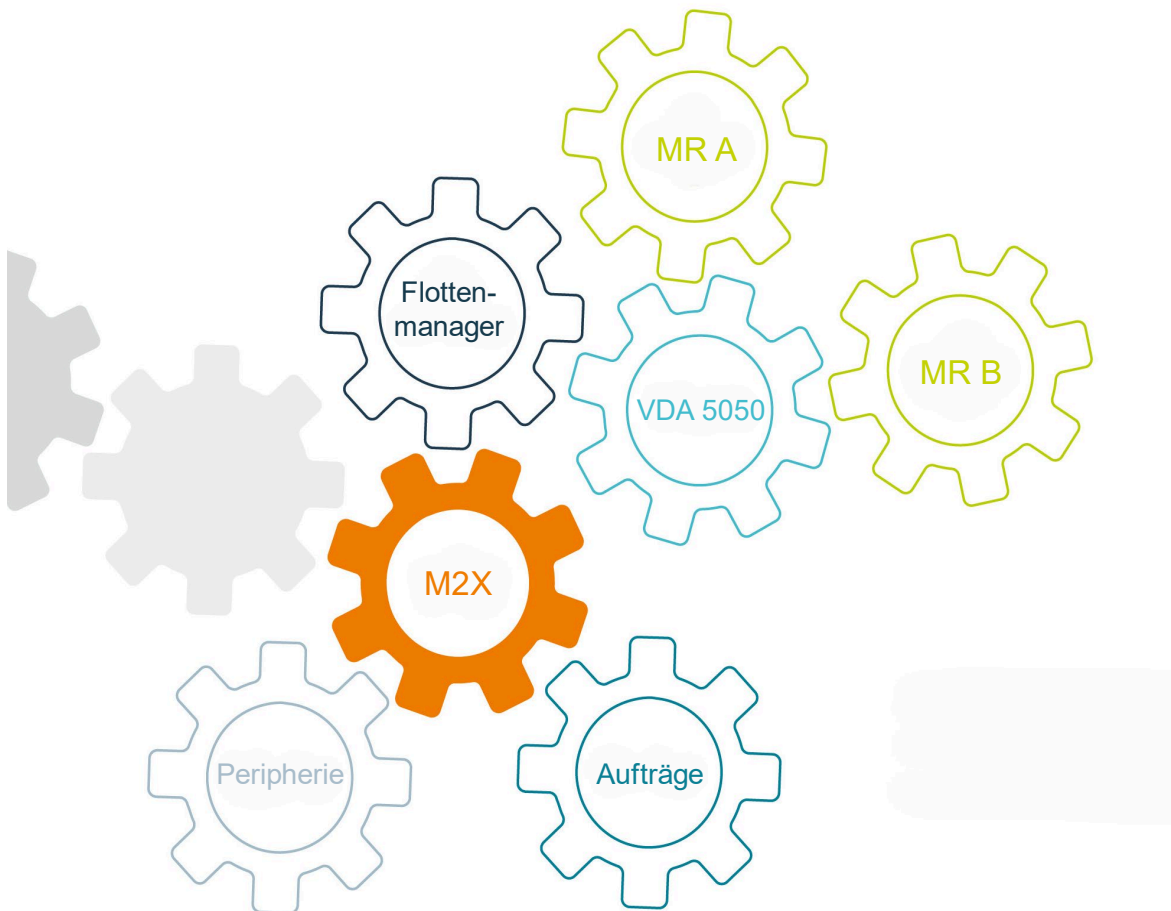
Mobile Roboter gewinnen in der Intralogistik zunehmend an Bedeutung. Ihre Integration in bestehende industrielle Umgebungen ist jedoch häufig zeit- und kostenintensiv, da Schnittstellen zu Peripherie, wie Übergabestationen und übergeordneten Systemen (WMS, ERP) oft projektspezifisch umgesetzt werden müssen. Genau hier setzt M2X (Machine to X) an. Das Forschungsprojekt entwickelt eine herstellerübergreifende Schnittstellendefinition für die standardisierte Kommunikation und Abläufe zwischen mobilen Robotern, Flottenmanagementsystemen und industrieller Umgebung. Ziel ist es, die Inbetriebnahme mobiler Roboter zu vereinfachen, Integrationsaufwände zu reduzieren und Plug-&-Play-nahe Anwendungen zu ermöglichen.

Ergebnis und Ziel von M2X

- Standardisierte Kommunikation zwischen mobilen Roboter oder Flottenmanager und Umgebung.
- Kommunikationsprozesse und -inhalte (bereitgestellt als JSON-Datei).
- So nah wie möglich an Plug & Play.
- M2X ist kein Sicherheitsprotokoll, sondern deckt nur die Kommunikation ab.
- Middleware-neutrale Publish-Subscribe-Kommunikation (beispielsweise über MQTT oder OPC-UA).
- Zu den M2X-Schnittstellen gehören:
 - Lastwechselstationen,
 - Signalgeräte,
 - Tore,
 - Aufzüge,
 - Ladestationen,
 - Transportaufträge (von WMS/ERP zu mobilem Roboter oder Flottenmanager),
 - weitere sind in Planung.

Kommunikation neu denken

- Teilnehmer...
 - verwalten und vertreten sich selbst,
 - kommunizieren auf Augenhöhe,
 - senden einen Status,
 - stellen ein Fact Sheet bereit.
- Die Kommunikation basiert auf Requests.



M2X verbindet die Kommunikation zwischen mobilen Roboter und deren Umgebung mit oder ohne einen Flottenmanager. Die Kommunikation kann auch direkt (dezentral) zwischen Peripherie und mobilen Roboter stattfinden.



M2X wird als VDMA-Einheitsblatt veröffentlicht

Ein zentrales Ergebnis des Forschungsprojekts M2X ist die geplante Überführung der entwickelten Schnittstellendefinition in ein VDMA-Einheitsblatt. Damit wird der im Projekt erarbeitete Ansatz aus der Forschung in eine industrienähe Standardisierung überführt.

- Transfer aus der Forschung in die industrielle Praxis.
- Gemeinsame Sprache für die mobile Robotik.
- Ergänzung bestehender Standards/Projekte.
- Reduzierung von Integrationsaufwand.
- Grundlage für Interoperabilität.



Zusammenarbeit mit der Industrie

- M2X ist ein industrieorientiertes Forschungsprojekt mit engem Praxisbezug.
- Bei der Definition der Schnittstellen werden Anforderungen, Herausforderungen und Anwendungsfälle der beteiligten Unternehmen systematisch berücksichtigt.
- Die Projektergebnisse sind so konzipiert, dass sie unmittelbar in industriellen Anwendungen genutzt und erprobt werden können.
- Gleichzeitig werden zukünftige Anforderungen an flexible, interoperable und skalierbare mobile Robotersysteme berücksichtigt.
- Regelmäßige Arbeitsgruppensitzungen bilden die Grundlage für die iterative Entwicklung der Schnittstellen.
- Das Projektteam moderiert die Sitzungen, strukturiert die Diskussionen und führt die erarbeiteten Inhalte zusammen.
- Die Ergebnisse werden transparent dokumentiert und über GitHub in einem öffentlichen sowie einem projektspezifischen privaten Repository bereitgestellt.

Ein Ökosystem mit der VDA 5050

M2X ergänzt die VDA 5050 um weitere relevante Schnittstellen im industriellen Umfeld mobiler Roboter. Während die VDA 5050 die Kommunikation zwischen mobilen Robotern und Flottenmanagementsystemen beschreibt, erweitert M2X die Schnittstellen um die Peripherie, sowohl in zentral gesteuerten als auch dezentralen Systemen. Technisch bauen die VDA 5050 und M2X auf derselben Logik auf. Dadurch entsteht ein interoperables Ökosystem, in dem mobile Roboter nicht isoliert betrachtet werden, sondern standardisiert mit ihrer industriellen Umgebung interagieren.

Zum Repository und zur LinkedIn Seite von M2X



Roboter bewegen – Module arbeiten – Fähigkeiten entscheiden

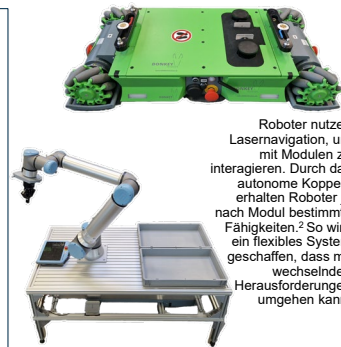
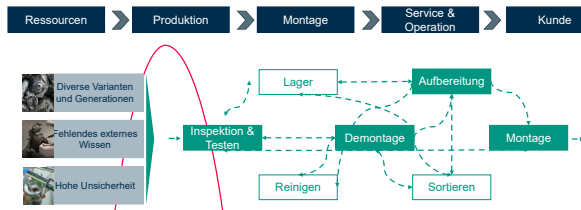
Alexander Ernst & Pietro Schumacher

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme

Physisches System

Ist das Produkt variabel, muss auch die Intralogistik variabel sein

In einer Kreislauffabrik ist jedes Produkt einzigartig. Im Remanufacturing kommen Bauteile in unbekanntem Zustand, unbekannter Menge und unbekannter Reihenfolge an. Anders als in der klassischen Serienproduktion kann die Intralogistik daher nicht starr auf einen festen Materialfluss ausgelegt werden. Wir kombinieren mobile Roboter mit austauschbaren Funktionsmodulen. Roboter bewegen sich frei durch das System, während Module bestimmte Fähigkeiten bereit stellen (Greifen, Transportieren, Puffern etc.). So entsteht ein flexibles Hardwaresystem, das sich je nach Aufgabe neu konfigurieren kann.¹

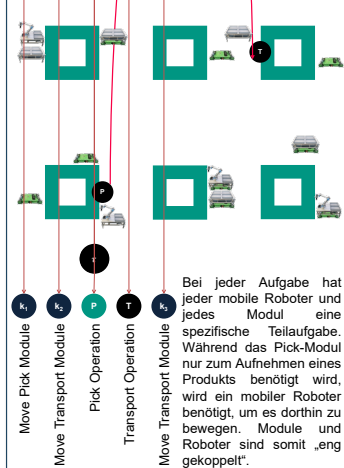


Roboter nutzen Lasernavigation, um mit Modulen zu interagieren. Durch das autonome Koppeln erhalten Roboter je nach Modul bestimmte Fähigkeiten.² So wird ein flexibles System geschaffen, dass mit wechselnden Herausforderungen umgehen kann.

Planungsalgorithmus

Aufgaben sind streng gekoppelt

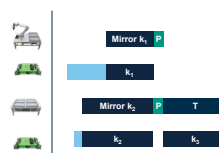
Ein modularer Aufbau macht die Hardware effizient, aber es entsteht ein neues Planungsproblem. Welcher Roboter und welches Modul arbeiten am besten zusammen?



Bei jeder Aufgabe hat jeder mobile Roboter und jedes Modul eine spezifische Teilaufgabe. Während das Pick-Modul nur zum Aufnehmen eines Produkts benötigt wird, wird ein mobiler Roboter benötigt, um es dorthin zu bewegen. Module und Roboter sind somit „eng gekoppelt“.

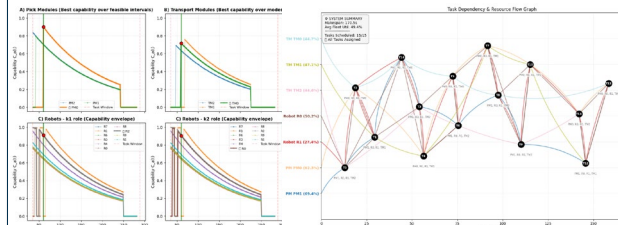
Aufgaben werden versteigert – Geboten wird mit Fähigkeiten

Der Auktionator erhält eine Aufgabe und schreibt sie für alle Agenten aus
Jeder Agent berechnet wie gut er zur Aufgabe beitragen kann
Alle Agenten geben gleichzeitig ihre Angebote ab
Der Auktionator kombiniert die Angebote zu einem optimalen Team



Capability-Funktionen ermöglichen es, die beste Kombination aus Robotern und Modulen zu finden, auch wenn diese voneinander abhängig sind. Die Fähigkeit, wie gut ein Modul oder Roboter eine Aufgabe erledigen kann

hängt von der Durchlaufzeit (allgemeine Verfügbarkeit) und von der zusätzlichen Fahrzeit (spezifische Verfügbarkeit). Diese „Fähigkeit“ wird für den spezifischen Zeitraum für die Aufgabe bewertet. Somit ist für jeden relevanten Zeitpunkt einer Aufgabe bekannt, welcher Agent wie gut beitragen kann. Dadurch kann das beste Team zu jedem Zeitpunkt gefunden werden.³



Hier scannen, um Roboter und Module in Aktion zu sehen!

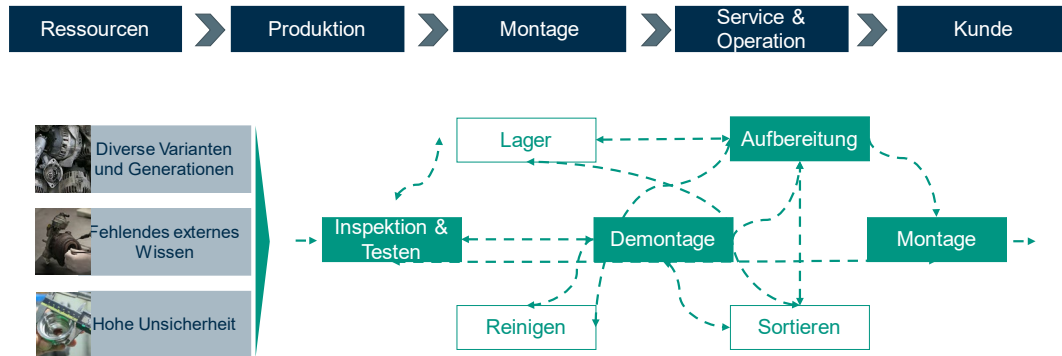


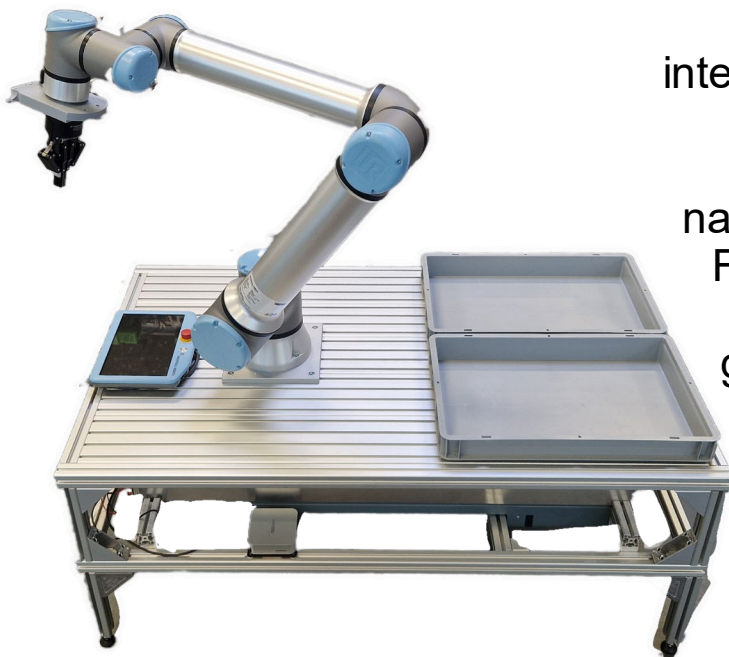
Literatur / Zitat

- ¹ Klein, J. F., Wolf, R., Ernst, A., Shi, Y., Schumacher, P., Thapa, R. B., ... & Fumans, K. (2025). A Knowledge-Based Intralogistic System for a Circular Factory. *Logistics Journal: Proceedings*, (21).
- ² F. Ball, J. Baumgärtner, F. Erlenbusch, A. Ernst, M. Poyer, E. Blum, Y. Shi, R. Wolf, R. Rayyes, J. Prommer, N. Stricker, J. Fleischer, G. Lanza, A Control Architecture for Robust and Resilient Circular Factories under Uncertain Conditions, *Procedia CIRP*, Volume 134, 2025, Pages 1083-1088, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.proci.2025.02.236>.
- ³ Ernst, A. (2025) Decentralized Multi-Robot Task Allocation for Collaborative Modular AMRs in Circular Factories. *IFAC-PapersOnLine: Proceedings*, (25).

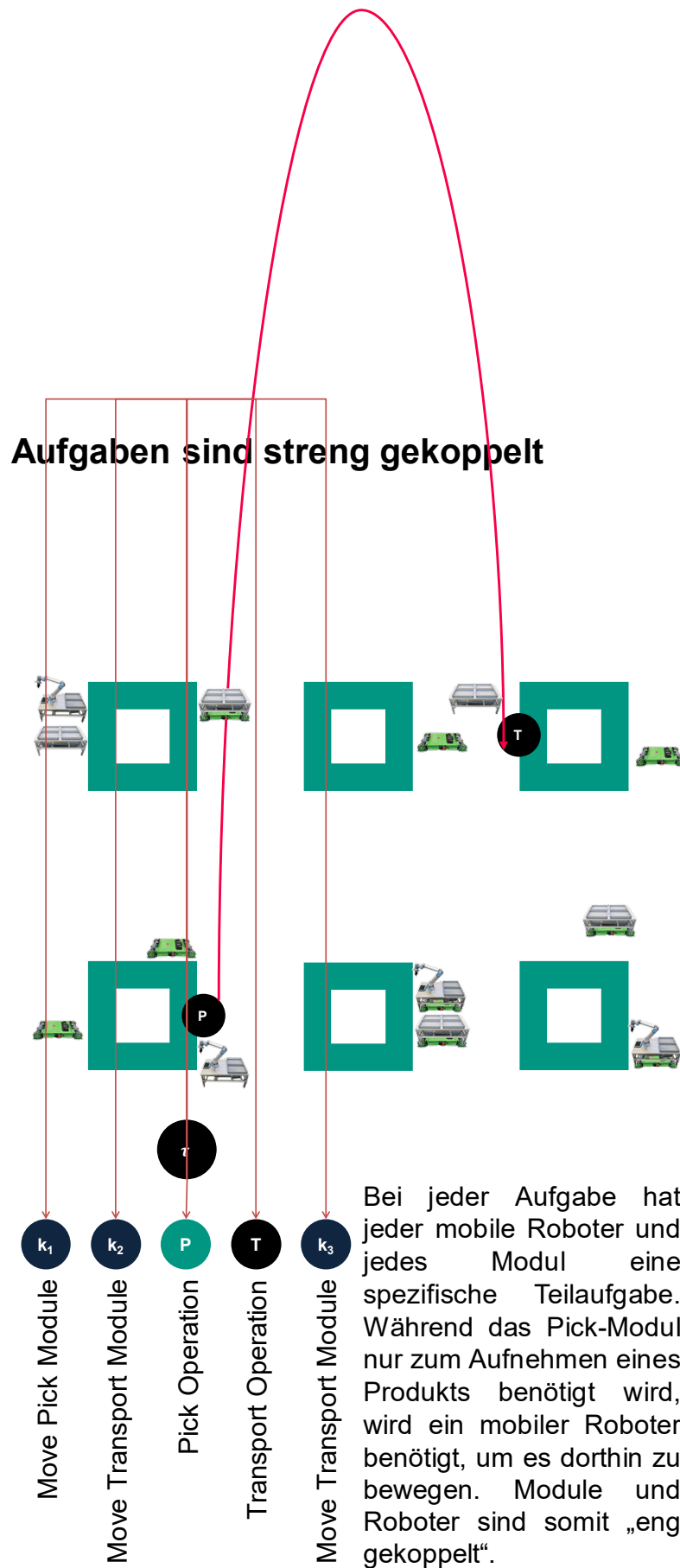
Ist das Produkt variabel, muss auch die Intralogistik variabel sein

In einer Kreislauffabrik ist jedes Produkt einzigartig. Im Remanufacturing kommen Bauteile in unbekanntem Zustand, unbekannter Menge und unbekannter Reihenfolge an. Anders als in der klassischen Serienproduktion kann die Intralogistik daher nicht starr auf einen festen Materialfluss ausgelegt werden. Wir kombinieren mobile Roboter mit austauschbaren Funktionsmodulen. Roboter bewegen sich frei durch das System, während Module bestimmte Fähigkeiten bereit stellen (Greifen, Transportieren, Puffern etc.). So entsteht ein flexibles Hardwaresystem, das sich je nach Aufgabe neu konfigurieren kann.¹

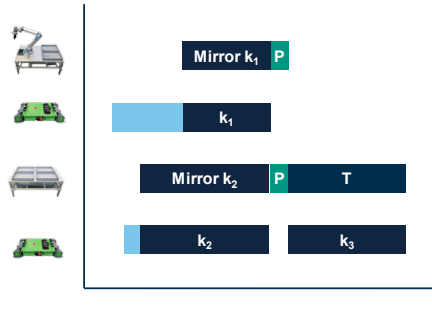
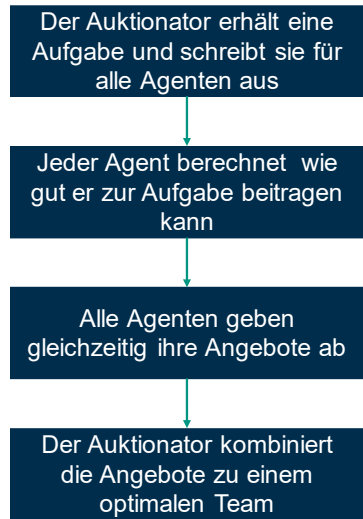




Roboter nutzen Lasernavigation, um mit Modulen zu interagieren. Durch das autonome Koppeln erhalten Roboter je nach Modul bestimmte Fähigkeiten.² So wird ein flexibles System geschaffen, dass mit wechselnden Herausforderungen umgehen kann.

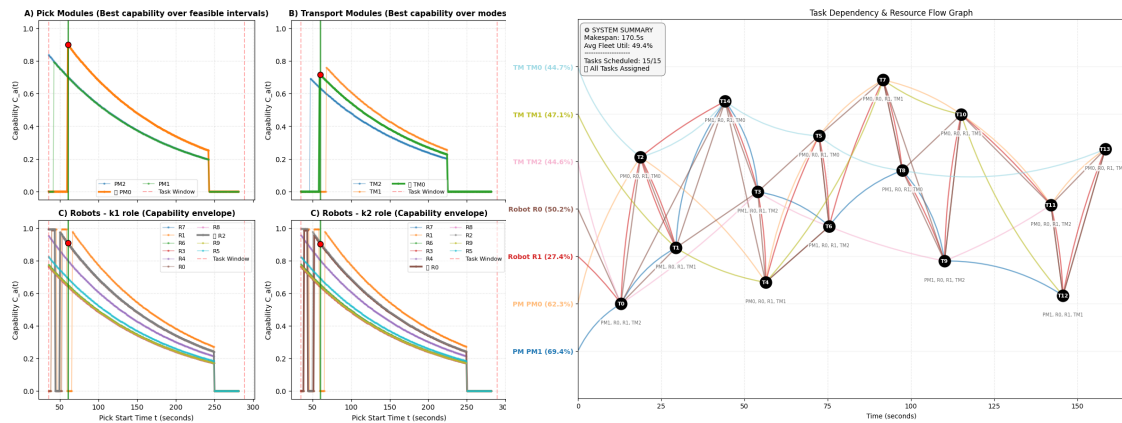


Aufgaben werden versteigert – Geboten wird mit Fähigkeiten



Capability-Funktionen ermöglichen es, die beste Kombination aus Robotern und Modulen zu finden, auch wenn diese voneinander abhängig sind. Die Fähigkeit, wie gut ein Modul oder Roboter eine Aufgabe erledigen kann

hängt von der Durchlaufzeit (allgemeine Verfügbarkeit) und von der zusätzlichen Fahrzeit (spezifische Verfügbarkeit). Diese „Fähigkeit“ wird für den spezifischen Zeitraum für die Aufgabe bewertet. Somit ist für jeden relevanten Zeitpunkt einer Aufgabe bekannt, welcher Agent wie gut beitragen kann. Dadurch kann das beste Team zu jedem Zeitpunkt gefunden werden.³



Hier scannen, um Roboter und Module in Aktion zu sehen!



Literatur / Zitat

-
- ¹ Klein, J. F., Wolf, R., Ernst, A., Shi, Y., Schumacher, P., Thapa, R. B., ... & Furmans, K. (2025). A Knowledge-Based Intralogistic System for a Circular Factory. *Logistics Journal: Proceedings*, (21).
- ² F. Bail, J. Baumgärtner, F. Erlenbusch, A. Ernst, M. Poyer, E. Blum, Y. Shi, R. Wolf, R. Rayyes, J. Pfrommer, N. Stricker, J. Fleischer, G. Lanza, A Control Architecture for Robust and Resilient Circular Factories under Uncertain Conditions, *Procedia CIRP*, Volume 134, 2025, Pages 1083-1088, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.02.236>.
- ³ Ernst, A. (2025) Decentralized Multi-Robot Task Allocation for Collaborative Modular AMRs in Circular Factories. *IFAC-PapersOnLine: Proceedings*, (25).

Unlocking the Potential of Mobile Robotics for Automation of Parcel Hub Logistics

Dipl.-Ing. Harald Steinkellner, Univ.-Prof. Dr.-Ing. M.Sc. Domenik Kaever
Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz

Growth and Automation Pressure in Parcel Logistics

The parcel logistics sector is experiencing sustained **global growth** driven by e-commerce and **increasing customer expectations**.

Key Developments

- 20.8 billion parcels handled in Europe in 2024 and a growth rate of +6.1%¹
- increasing demand for **high service levels** (e.g., fast and reliable delivery)

Industry Implications

- rising **operational costs**
- increasing **labor shortages**²
- growing pressure on **logistics performance**

As a result, **automation** has become a **strategic necessity** to ensure efficient, reliable, and scalable parcel logistics operations.

Automation in Parcel Hub Logistics

Parcel hubs are **central nodes** in logistics networks, where shipments are received, sorted, and redistributed. As shown in Fig. 1, operations consist of **multiple interconnected subsystems**.

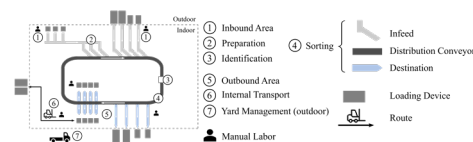


Fig. 1. Subsystems of a parcel hub

Process-Related Challenges³

- synchronization** of tightly coupled process steps
- variability in **parcel characteristics** (size, weight, flow intensity, packaging)
- limited space** and **inflexible infrastructure layouts**

Human-Centered Challenges³

- high **physical workload** due to manual handling tasks
- repetitive** operations under **time pressure**
- dependence** on workforce availability
- increasing importance of **human-centric system design** (Industry 5.0, social sustainability)

Automation is widely applied in parcel hub operations, but its **effectiveness** varies across processes (Fig. 2). Many logistics tasks **remain challenging** to automate due to high variability and complex handling requirements.

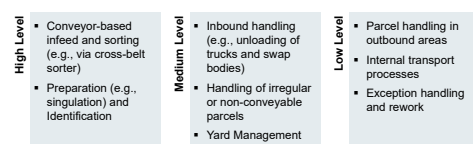


Fig. 2. Levels of automation in parcel hubs

Mobile robots – particularly **wheeled** systems such as Automated Guided Vehicles (AGVs) and Autonomous Mobile Robots (AMRs) – enable **flexible** and **scalable** automation in dynamic parcel logistics environments. Flexibility is especially critical to accommodate **throughput fluctuations** throughout the day and across peak seasons (e.g., Black Friday or Christmas).

Scalable fleet sizes allow systems to **adapt** to varying demand levels. In contrast, layout flexibility is typically of **minor importance**, as parcel hubs are **highly structured** and rarely undergo significant changes.



System Identification as Key Challenge

Not all processes are suitable for automation – **identifying appropriate use cases** is a critical success factor (Fig. 3, Fig. 4 and Fig. 5).

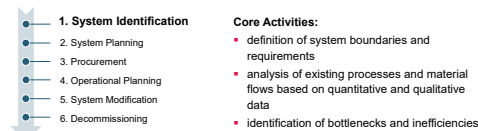


Fig. 3. System identification within the planning process (VDI 2710)

The selection of suitable use cases for mobile robotics requires a structured evaluation based on **technical, economic, and operational criteria**.

Key Criteria for Use Case Definition

- transport** characteristics (distance, frequency, throughput)
- process** properties (standardization, stability, variability)
- layout** conditions (space availability, routing complexity)
- economic** viability, e.g., via Return on Investment (ROI), Total Cost of Ownership (TCO)
- operational** impact (flexibility, scalability, robustness)

Typical Use Cases (UC)

- UC 1.1: Internal transport of roll cages or pallets – Transport to gates (outbound)
- UC 1.2: Internal transport of roll cages or pallets – Transport to buffer area
- UC 2: Internal transport of bulky or non-conveyable items
- UC 3: Outdoor transport of swap bodies



Fig. 4. Use Case 1.1 / 1.2

ID	Process Criticality	Routing Complexity	Transport Density	Available Buffer Area
UC 1.1	○	●	○	○
UC 1.2	○	●	●	○
UC 2	●	●	●	○
UC 3	○	○	●	●

● Highly suitable ● Suitable ○ Moderately suitable

Fig. 5. Evaluation of use cases based on process and system criteria

Future Outlook: Beyond Wheeled Robotics

While the following technologies could offer long-term potential, wheeled mobile robots currently provide the most practical solution.

Legged Robotics (Humanoids)

- designed for **human-like environments** and tasks (e.g., stairs and uneven infrastructure)
- in typical parcel hub environments, legged systems are **rarely required**, as processes are designed for wheeled transport
- still **limited** in terms of cost, speed, and robustness

Aerial Robotics

- drone-based** transport in large-scale facilities
- potential for **fast** and **flexible** point-to-point delivery
- currently **limited** by **safety** and **payload** constraints

References

- Effigy Consulting, "European CEP Market Report 2024," 2025.
- Bilken, "Digitalisierung der Logistik," Accessed: Apr. 19, 2026. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1088664/umfrage/umfrage-zu-personaldefizitenvonlogistikunternehmen-nach-berufen/>
- H. Steinkellner and D. Kaever, "Strengthen Social Sustainability in Parcel Hubs: A Theoretical Exploration and the Potential Role of Discrete Event Simulation," Proceedings of the XXV International Conference MHCL 2024, OTU WIEN, Austria, September 18th - 19th, 2024, pp. 1-10.
- Fraunhofer ML, "Fraunhofer ML und KION Group heben LoadRunner® auf neues Level," Accessed: Apr. 19, 2026. [Online]. Available: <https://www.ml.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/kion-lab-loadrunner.html>
- Welt der Logistik, "Post: Erfolgreicher Test autonomer Transporte im Logistikzentrum Wien," Accessed: Apr. 19, 2026. [Online]. Available: <https://www.weltderlogistik.com/news/post-erfolgreicher-test-autonomer-transporte-im-logistikzentrum-wien-oester-post-ag>

Growth and Automation Pressure in Parcel Logistics

The parcel logistics sector is experiencing sustained **global growth** driven by e-commerce and **increasing customer expectations**.

Key Developments

- **20.8 billion parcels** handled in Europe in 2024 and a growth rate of **+6.1%**¹
- increasing demand for **high service levels** (e.g., fast and reliable delivery)

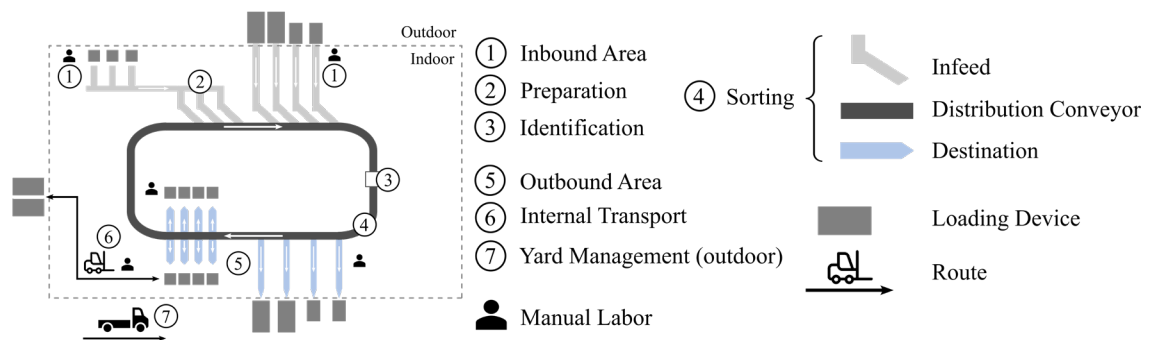
Industry Implications

- rising **operational costs**
- increasing **labor shortages**²
- growing pressure on **logistics performance**

As a result, **automation** has become a **strategic necessity** to ensure efficient, reliable, and scalable parcel logistics operations.

Automation in Parcel Hub Logistics

Parcel hubs are **central nodes** in logistics networks, where shipments are received, sorted, and redistributed. As shown in Fig. 1, operations consist of **multiple interconnected subsystems**.





Process-Related Challenges³

- **synchronization** of tightly coupled process steps
- variability in **parcel characteristics** (size, weight, flow intensity, packaging)
- **limited space** and **inflexible infrastructure layouts**

Human-Centered Challenges³

- high **physical workload** due to manual handling tasks
- **repetitive** operations under **time pressure**
- **dependence** on workforce availability
- increasing importance of **human-centric system design** (Industry 5.0, social sustainability)

Automation is widely applied in parcel hub operations, but its **effectiveness varies** across processes (Fig. 2). Many logistics tasks **remain challenging** to automate due to high variability and complex handling requirements.

High Level ▪ Conveyor-based infeed and sorting (e.g., via cross-belt sorter) ▪ Preparation (e.g., singulation) and Identification	Medium Level ▪ Inbound handling (e.g., unloading of trucks and swap bodies) ▪ Handling of irregular or non-conveyable parcels ▪ Yard Management	Low Level ▪ Parcel handling in outbound areas ▪ Internal transport processes ▪ Exception handling and rework
---	--	---

Mobile robots – particularly **wheeled** systems such as Automated Guided Vehicles (AGVs) and Autonomous Mobile Robots (AMRs) – enable **flexible** and **scalable** automation in dynamic parcel logistics environments. Flexibility is especially critical to accommodate **throughput fluctuations** throughout the day and across peak seasons (e.g., Black Friday or Christmas).

The selection of suitable use cases for mobile robotics requires a structured evaluation based on **technical, economic, and operational criteria**.

Key Criteria for Use Case Definition

- **transport** characteristics (distance, frequency, throughput)
- **process** properties (standardization, stability, variability)
- **layout** conditions (space availability, routing complexity)
- **economic** viability, e.g., via Return on Investment (ROI), Total Cost of Ownership (TCO)
- **operational impact** (flexibility, scalability, robustness)

Typical Use Cases (UC)

- UC 1.1: Internal transport of roll cages or pallets – Transport to gates (outbound)
- UC 1.2: Internal transport of roll cages or pallets – Transport to buffer area
- UC 2: Internal transport of bulky or non-conveyable items
- UC 3: Outdoor transport of swap bodies



ID	Process Criticality	Routing Complexity	Transport Density	Available Buffer Area
UC 1.1	○	◐	○	○
UC 1.2	●	●	◐	●
UC 2	◐	●	●	◐
UC 3	◐	◐	●	●

● Highly suitable ○ Suitable ○ Moderately suitable

Fig. 5. Evaluation of use cases based on process and system criteria



Future Outlook: Beyond Wheeled Robotics

While the following technologies could offer long-term potential, wheeled mobile robots currently provide the most practical solution.

Legged Robotics (Humanoids)

- designed for **human-like environments** and tasks (e.g., stairs and uneven infrastructure)
- in typical parcel hub environments, legged systems **are rarely required**, as processes are designed for wheeled transport
- still **limited** in terms of cost, speed, and robustness

Aerial Robotics

- **drone-based** transport in large-scale facilities
- potential for **fast** and **flexible** point-to-point delivery
- currently **limited** by **safety** and **payload** constraints

References

¹ Effigy Consulting, "European CEP Market Report 2024," 2025.

² Bitkom, "Digitalisierung der Logistik." Accessed: Apr. 19, 2026. [Online]. Available:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1088664/umfrage/umfrage-zu-personaldefiziten-von-logistikunternehmen-nach-berufen/>

³ H. Steinkellner and D. Kaefer, "Strengthen Social Sustainability in Parcel Hubs: A Theoretical Exploration and the Potential Role of Discrete Event Simulation," Proceedings of the XXV International Conference MHCL 2024, ©TU WIEN, Austria, September 18th - 19th, 2024, pp. 1-10.

⁴ Fraunhofer IML, "Fraunhofer IML und KION Group heben LoadRunner® auf neues Level." Accessed: Apr. 19, 2026. [Online]. Available: https://www.ima.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/kion-lab---loadrunner.html

⁵ Welt der Logistik, "Post: Erfolgreicher Test autonomer Transporte im Logistikzentrum Wien." Accessed: Apr. 19, 2026. [Online]. Available: <https://www.weltderlogistik.com/news/post-erfolgreicher-test-autonomer-transporte-im-logistikzentrum-wien-oesterr-post-ag>

EventRec – Hochgeschwindigkeits-Wahrnehmung für die Logistik

Autor: Moritz Roidl

Universität: Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen

Hochgeschwindigkeits-Wahrnehmung mittels Event-Kameras

In der Intralogistik kommen fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) und mobile Roboter immer häufiger zum Einsatz. Heutige Systeme bewegen sich dabei meist nur mit einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 2,0 m/s, denn ihre Wahrnehmungs- und Navigationspipelines sind auf kontrollierte und langsame Umgebungen ausgelegt. Damit die nächste Generation schneller Lagerroboter zuverlässig arbeiten kann, muss die Wahrnehmung auch bei hoher Bewegung, Bewegungsunschärfe, wechselnder Beleuchtung und dynamischen Hindernissen funktionieren, und das mit möglichst geringer Latenz. Event-Kameras sind hierfür besonders vielversprechend: Sie erfassen Helligkeitsänderungen asynchron, mit hoher zeitlicher Auflösung, geringer Latenz und großem Dynamikumfang. EventRec untersucht, wie sich diese ereignisbasierte Bildverarbeitung für die schnelle robotische Wahrnehmung in Logistikumgebungen nutzen lässt.

Ergebnis und Ziel von EventRec:

Ziel von EventRec ist es, schnellen FTF einen sicheren und effizienten Betrieb in Lagerumgebungen zu ermöglichen, gestützt auf eine robuste Wahrnehmung und eine präzise 6D-Posenschätzung von Objekten.

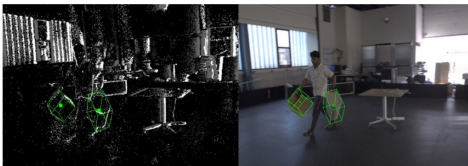
- Das Projekt untersucht:
 - RGB- gegenüber Event-Kamera-Wahrnehmung bei steigender Robotergergeschwindigkeit, Belichtungszeit, Bewegungsunschärfe und wechselnden Lichtverhältnissen
 - Stereo-Event-Kamera-Aufbauten zur Tiefenschätzung, 3D-Wahrnehmung und schnellen Objektklassifizierung
 - Event-basiertes SLAM und visuelle Odometrie für eine robuste Lokalisierung bei hoher Fahrgeschwindigkeit
 - Objektdetektion, Tracking und 6D-Posenschätzung für typische Logistikobjekte wie Paletten, Kartons und Container sowie für sich bewegende Personen
 - Echtzeiteintegration auf dem Roboter mit C++, Python, ROS und Methoden des Deep Learning

Die Experimente finden in einer Versuchshalle mit millimetergenauem Motion-Capture-System statt. Dieses trackt schnell fahrenden Roboter, die mit RGB- und Event-Kameras ausgestattet sind, und liefert so die Ground Truth für alle Versuche. Die Auswertung konzentriert sich auf Genauigkeit, Latenz und Robustheit der Wahrnehmung sowie auf Fehlerfälle bei unterschiedlichen Robotergergeschwindigkeiten.

MTevent Datensatz:

Der im Rahmen des Projektes erstellte MTevent-Datensatz umfasst 75 dynamische Szenen mit 16 starren Objekten aus dem Logistik Kontext, aufgenommen mit Stereo-Event-Kameras und einer zusätzlichen RGB-Kamera. Er unterstützt die Forschung zur ereignisbasierten Wahrnehmung in industriellen Umgebungen, insbesondere:

- 6D-Posenschätzung
- Detektion bewegter Objekte
- Benchmarking zwischen RGB- und Event-Kameras
- Stereoskopische Tiefenschätzung
- Hochgeschwindigkeits-Wahrnehmung für Lageranwendungen

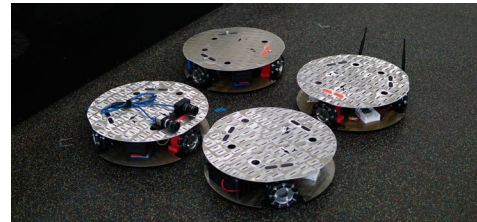
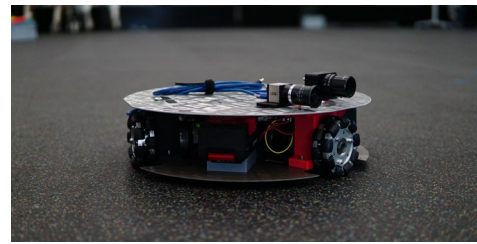


RoboChief - Roboterplattform

Der RoboChief ist eine kompakte, modulare und omnidirektionale Roboterplattform, die intern am FLW der TU Dortmund und am Fraunhofer IML konzipiert und gebaut wird. Sie basiert auf einer Kiwi-Drive-Konfiguration mit drei 100-mm-Omni-Rädern und bürstenlosen DC-Getriebemotoren, deren Komponenten sich einfach austauschen lassen. Das 36-V-Akkusystem nutzt zwei handelsübliche in reihe geschaltete Werkzeugakkus und macht die Plattform ideal für agile Bewegungen, schnelles Prototyping und Forschung an autonomen Robotersystemen.

Der Roboter ist zweistufig aufgebaut. Ein echtzeitfähiger Low-Level-Controller übernimmt Motorsteuerung, Sensorik und sicherheitskritische Aufgaben, während ein Linux-basierter High-Level-Rechner für Anwendungen wie Navigation, Bildverarbeitung und Machine-Learning-Experimente zuständig ist. So dient der RoboChief als modulare Experimentalplattform für die Entwicklung und Evaluierung anspruchsvoller mobiler Robotersysteme.

- Mit einer Nutzlast von bis zu 50 kg eignet sich die Plattform für Tests in unterschiedlichsten Logistikumgebungen
- Geschwindigkeiten von 5 bis 10 m/s machen die Plattform ideal für die Hochgeschwindigkeitsexperimente in EventRec



Repository EventRec und Datensatz MTevent





Hochgeschwindigkeits-Wahrnehmung mittels Event-Kameras

In der Intralogistik kommen fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) und mobile Roboter immer häufiger zum Einsatz. Heutige Systeme bewegen sich dabei meist nur mit einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 2,0 m/s, denn ihre Wahrnehmungs- und Navigationspipelines sind auf kontrollierte und langsame Umgebungen ausgelegt. Damit die nächste Generation schneller Lagerroboter zuverlässig arbeiten kann, muss die Wahrnehmung auch bei hoher Bewegung, Bewegungsunschärfe, wechselnder Beleuchtung und dynamischen Hindernissen funktionieren, und das mit möglichst geringer Latenz. Event-Kameras sind hierfür besonders vielversprechend: Sie erfassen Helligkeitsänderungen asynchron, mit hoher zeitlicher Auflösung, geringer Latenz und großem Dynamikumfang. EventRec untersucht, wie sich diese ereignisbasierte Bildverarbeitung für die schnelle robotische Wahrnehmung in Logistikumgebungen nutzen lässt.

Ergebnis und Ziel von EventRec:

Ziel von EventRec ist es, schnellen FTF einen sicheren und effizienten Betrieb in Lagerumgebungen zu ermöglichen, gestützt auf eine robuste Wahrnehmung und eine präzise 6D-Posenschätzung von Objekten.

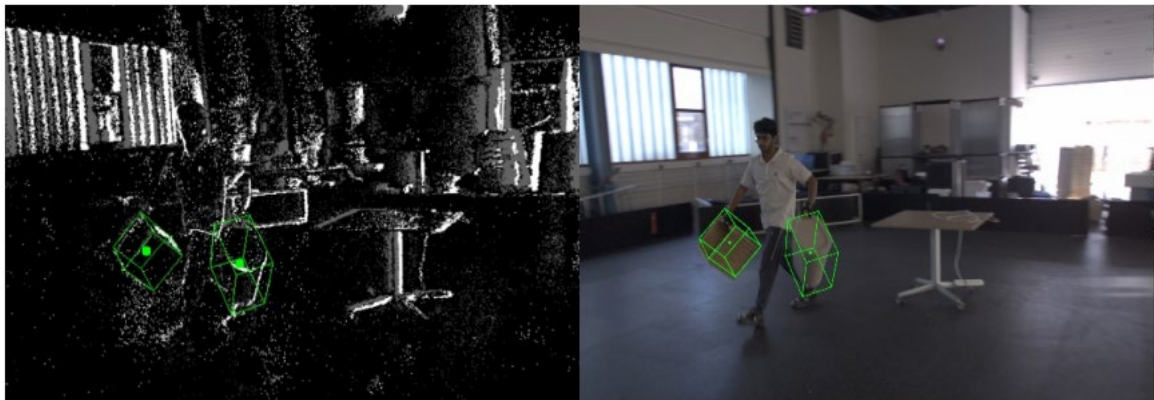
- Das Projekt untersucht:
 - RGB- gegenüber Event-Kamera-Wahrnehmung bei steigender Robotergeschwindigkeit, Belichtungszeit, Bewegungsunschärfe und wechselnden Lichtverhältnissen
 - Stereo-Event-Kamera-Aufbauten zur Tiefenschätzung, 3D-Wahrnehmung und schnellen Objektlokalisierung
 - Event-basiertes SLAM und visuelle Odometrie für eine robuste Lokalisierung bei hoher Fahrgeschwindigkeit
 - Objektdetektion, Tracking und 6D-Posenschätzung für typische Logistikobjekte wie Paletten, Kartons und Container sowie für sich bewegende Personen
 - Echtzeitintegration auf dem Roboter mit C++, Python, ROS und Methoden des Deep Learning

Die Experimente finden in einer Versuchshalle mit millimetergenauem Motion-Capture-System statt. Dieses trackt schnell fahrenden Roboter, die mit RGB- und Event-Kameras ausgestattet sind, und liefert so die Ground Truth für alle Versuche. Die Auswertung konzentriert sich auf Genauigkeit, Latenz und Robustheit der Wahrnehmung sowie auf Fehlerfälle bei unterschiedlichen Robotergeschwindigkeiten.

MTevent Datensatz:

Der im Rahmen des Projektes erstellte MTevent-Datensatz umfasst 75 dynamische Szenen mit 16 starren Objekten aus dem Logistik Kontext, aufgenommen mit Stereo-Event-Kameras und einer zusätzlichen RGB-Kamera. Er unterstützt die Forschung zur ereignisbasierten Wahrnehmung in industriellen Umgebungen, insbesondere:

- 6D-Posenschätzung
- Detektion bewegter Objekte
- Benchmarking zwischen RGB- und Event-Kameras
- Stereoskopische Tiefenschätzung
- Hochgeschwindigkeits-Wahrnehmung für Lageranwendungen



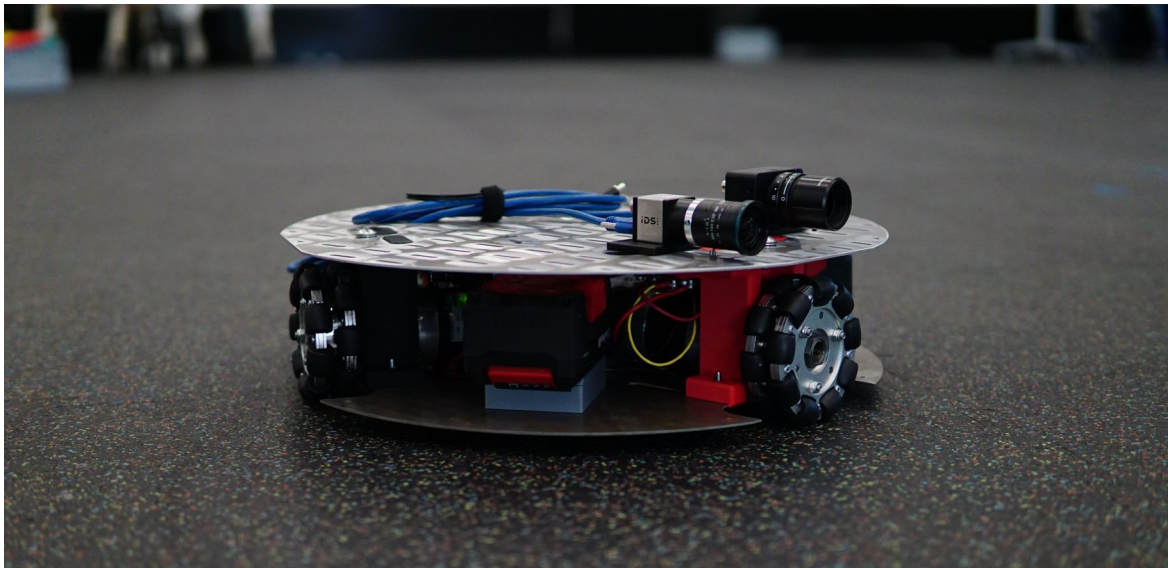


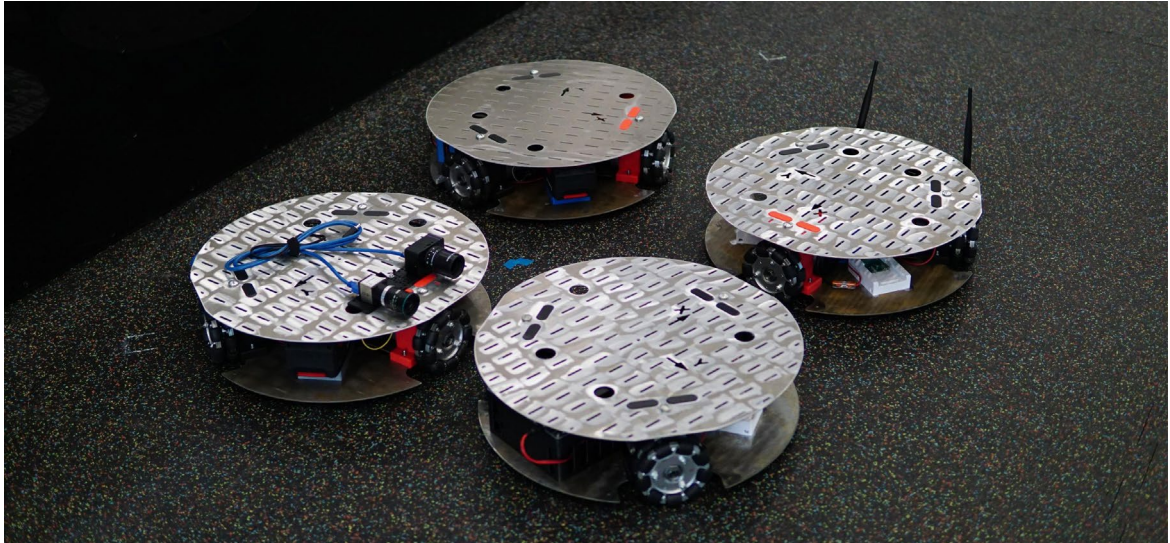
RoboChief - Roboterplattform

Der RoboChief ist eine kompakte, modulare und omnidirektionale Roboterplattform, die intern am FLW der TU Dortmund und am Fraunhofer IML konzipiert und gebaut wird. Sie basiert auf einer Kiwi-Drive-Konfiguration mit drei 100-mm-Omni-Rädern und bürstenlosen DC-Getriebemotoren, deren Komponenten sich einfach austauschen lassen. Das 36-V-Akkusystem nutzt zwei handelsübliche in reihe geschaltete Werkzeugakkus und macht die Plattform ideal für agile Bewegungen, schnelles Prototyping und Forschung an autonomen Robotersystemen.

Der Roboter ist zweistufig aufgebaut. Ein echtzeitfähiger Low-Level-Controller übernimmt Motorsteuerung, Sensorik und sicherheitskritische Aufgaben, während ein Linux-basierter High-Level-Rechner für Anwendungen wie Navigation, Bildverarbeitung und Machine-Learning-Experimente zuständig ist. So dient der RoboChief als modulare Experimentalplattform für die Entwicklung und Evaluierung anspruchsvoller mobiler Robotersysteme.

- Mit einer Nutzlast von bis zu 50 kg eignet sich die Plattform für Tests in unterschiedlichsten Logistikanwendungen
- Geschwindigkeiten von 5 bis 10 m/s machen die Plattform ideal für die Hochgeschwindigkeitsexperimente in EventRec





Repository EventRec und Datensatz MTevent



Effiziente Intralogistik durch autonome mobile Roboter im Smart Production Lab der FH JOANNEUM Kapfenberg

Autoren: Christian Burkart, Johannes Dirnberger-Wild, Markus Hösele, Dominik Reischl
Universität/Institut: FH JOANNEUM – Institut Industrial Management

Smart Production Lab: 600 m² Innovation

Das Institut Industrial Management betreibt am Hightech-Campus Kapfenberg der FH JOANNEUM das Smart Production Lab, um digitale Transformationsprozesse zu erforschen und praktisch umzusetzen. Auf rund 600 m² werden modernste Fertigungstechnologien angewendet und digitale Innovationen entlang der Wertschöpfungskette anhand von Use Cases demonstriert und kontinuierlich weiterentwickelt.

Zur Veranschaulichung einer integrierten digitalen Fertigung dient die Herstellung einer **kundenindividuellen Uhr**. Hierbei werden die einzelnen Fertigungsmaterialien von einem Autonomous Mobile Robot (AMR), dem Open Shuttle 50b des Unternehmens KNAPP, vom Zentrallager zu den Fertigungsstationen transportiert.

AMR Use Case

Das AMR vernetzt als fahrerloses Transportsystem das **Lager** autonom mit den Arbeitsstationen **Bandsäge**, **Lasercutter** und **Montage**, wobei es permanent mit dem Leitsystem kommuniziert, um eine lückenlose Auftragsverfolgung in Echtzeit zu gewährleisten. Die Bedarfsanforderung erfolgt an den jeweiligen Arbeitsplätzen unterschiedlich, um die verschiedenen Komplexitätsniveaus für KMUs nachvollziehbar aufzuzeigen (s. Tab. 1).

Variante	Beschreibung
1) Physischer Taster an Bandsäge	Materialanforderung per Knopfdruck direkt an der Station. Einfache und robuste Lösung für schnellen Materialabruf.
2) Softwarebutton (Web-GUI) bei Lasercutter	Digitale Bedarfsanforderung über eine grafische Benutzeroberfläche an einem Tablet. Flexibel einsetzbar.
3) Sensorgesteuerte Transportauslösung am Montagearbeitsplatz	Bestandsüberwachung durch Lichtschranke im Flowrack. Sobald der KLT entnommen wird, löst der Sensor automatisch einen neuen Transportauftrag aus.
4) In Umsetzung: Gewichtssensorik in KLT	Verifizierung der korrekten Beladung im Lager via Soll-Ist-Abgleich mit Wägezelle. Die Auslieferung erfolgt nur bei korrektem Gewicht. System wird auch für die automatisierte Abfallentsorgung, wenn Mindestgewicht erreicht wurde, genutzt.
5) In Planung: Ausbau der Gewichtssensorik in KLT	Vollautomatische Auslösung einer Bedarfsanforderung direkt am Arbeitsplatz, sobald durch Materialentnahme ein definiertes Mindestgewicht unterschritten wird.

Tab. 1: Auslösung und Freigabe von Transportaufträgen

Integration der Wägezelle

Für die **vierte Ausbaustufe** wurde der KLT um eine **Wägezelle** sowie einen **Raspberry Pi** erweitert.¹ Die Technik ist in einem transparenten PMMA-Doppelboden verbaut, was die Komponenten für Demonstrationszwecke sichtbar macht. In der Transportkiste wurden der Gewichtssensor, die Grund- und Adapterplatte sowie zwei Blenden angebracht (s. Abb. 1).

Gewichtsbasierte Verifikation und Prozesssteuerung der KLTs

Bei der Ausführung der Lieferung wird mittels **Gewichtsabfrage** im Lager geprüft, ob das Sollgewicht für den angeforderten Bedarf erreicht ist. Je nachdem, ob das tatsächliche Gewicht mit dem angeforderten Sollwert übereinstimmt, wird eine LED an der Vorderseite der Kiste aktiviert. Diese signalisiert mithilfe der Beschriftung an der Blende den Lieferstatus der aktuellen Bedarfsanforderung. Eine Auslieferung erfolgt nur, wenn das Sollgewicht erreicht ist.

Zusätzlich können die KLTs zur **Abfallentsorgung** an den Stationen eingesetzt werden. Durch die permanente Überwachung des Behältergewichts wird bei Erreichen eines Schwellenwerts (~70 % Füllgrad) automatisch der Abtransport der Kiste zum Abfalllager angefordert.

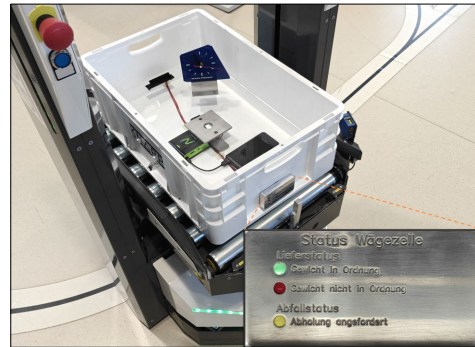


Abb. 1: Überarbeiteter KLT mit Gewichtssensorik und LED-Ausgabe

Vollautomatisierte Bedarfsanforderung

Die fünfte Ausbaustufe nutzt die integrierte Sensorik zur **permanenten Bestandsüberwachung** direkt an der Fertigungsstation. Sobald durch die Materialentnahme ein Mindestgewicht unterschritten wird, generiert das System eigenständig eine Bedarfsanforderung an das Leitsystem. Dies ermöglicht eine lückenlose Just-in-Time-Versorgung.

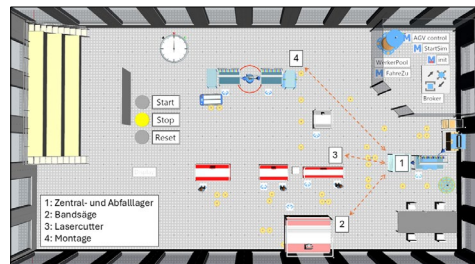


Abb. 2: Modellierung des Smart Production Labs in Plant Simulation

Plant Simulation

Zur Visualisierung und Optimierung der Warenbewegungen wurde der gesamte Produktionsprozess als **Simulationsmodell** in der Software „Plant Simulation“ modelliert (s. Abb. 2). Dadurch lassen sich logistische Abläufe präzise simulieren, analysieren und effizienter gestalten. Um reale Durchlaufzeiten und Pufferkapazitäten abzubilden, wurden die tatsächlichen Bearbeitungsschritte der drei Arbeitsstationen detailliert implementiert. Die Simulation lieferte zudem entscheidende Erkenntnisse für die Steuerungslogik: In Szenarien, in denen mehrere Bedarfsanforderungen zeitgleich ausgelöst werden, konnten durch das Modell deutlich optimierte Routen ermittelt werden. Im Programm sind diese Anlaufstellen durch gelbe Marker gekennzeichnet, die dem AMR die exakten Zielpositionen vorgeben.

Ausblick

In kommenden Entwicklungsphasen wird das interne Transportsystem des Smart Production Lab zunehmend nach den Prinzipien selbstorganisierender Produktionssysteme organisiert, um ohne zentrale Steuerung und nach dem biologischen Prinzip der Selbstorganisation effiziente Transportabläufe zu generieren.²

Literatur / Zitat

¹ Vgl. Abels-Schlosser, S. (2025). Perception in der Logistik und im Supply Chain Management (Working Paper No. 99). Weidener Diskussionspapiere. <https://www.econstor.eu/handle/10419/333397>
² Vgl. Uhlmann, E., Poite, J. & Mühlich, C. (2025). Selbstorganisierende Produktionssysteme. K. Lindow (Hrsg.) Weiterentwicklung von Industrie 4.0 durch Integration biologischer Prinzipien. (S. 90-99). Fraunhofer. <http://doi.org/10.24406/publica-4353>

Smart Production Lab: 600 m² Innovation

Das Institut Industrial Management betreibt am Hightech-Campus Kapfenberg der FH JOANNEUM das Smart Production Lab, um digitale Transformationsprozesse zu erforschen und praktisch umzusetzen. Auf rund 600 m² werden modernste Fertigungstechnologien angewendet und digitale Innovationen entlang der Wertschöpfungskette anhand von Use Cases demonstriert und kontinuierlich weiterentwickelt.

Zur Veranschaulichung einer integrierten digitalen Fertigung dient die Herstellung einer **kundenindividuellen Uhr**. Hierbei werden die einzelnen Fertigungsmaterialien von einem Autonomous Mobile Robot (AMR), dem Open Shuttle 50b des Unternehmens KNAPP, vom Zentrallager zu den Fertigungsstationen transportiert.

AMR Use Case

Das AMR vernetzt als fahrerloses Transportsystem das **Lager** autonom mit den Arbeitsstationen **Bandsäge**, **Lasercutter** und **Montage**, wobei es permanent mit dem Leitsystem kommuniziert, um eine lückenlose Auftragsverfolgung in Echtzeit zu gewährleisten. Die Bedarfsanforderung erfolgt an den jeweiligen Arbeitsplätzen unterschiedlich, um die verschiedenen Komplexitätsniveaus für KMUs nachvollziehbar anzuzeigen (s. Tab. 1).

Variante	Beschreibung
1) Physischer Taster an Bandsäge	Materialanforderung per Knopfdruck direkt an der Station. Einfache und robuste Lösung für schnellen Materialabruf.
2) Softwarebutton (Web-GUI) bei Lasercutter	Digitale Bedarfsanforderung über eine grafische Benutzeroberfläche an einem Tablet. Flexibel einsetzbar.
3) Sensorgesteuerte Transportauslösung am Montagearbeitsplatz	Bestandsüberwachung durch Lichtschranke im Flowrack. Sobald der KLT entnommen wird, löst der Sensor automatisch einen neuen Transportauftrag aus.
4) In Umsetzung: Gewichtssensorik in KLT	Verifizierung der korrekten Beladung im Lager via Soll-Ist-Abgleich mit Wägezelle. Die Auslieferung erfolgt nur bei korrektem Gewicht. System wird auch für die automatisierte Abfallentsorgung, wenn Mindestgewicht erreicht wurde, genutzt.
5) In Planung: Ausbau der Gewichtssensorik in KLT	Vollautomatische Auslösung einer Bedarfsanforderung direkt am Arbeitsplatz, sobald durch Materialentnahme ein definiertes Mindestgewicht unterschritten wird.

Tab. 1: Auslösung und Freigabe von Transportaufträgen



Integration der Wägezelle

Für die **vierte Ausbaustufe** wurde der KLT um eine **Wägezelle** sowie einen **Raspberry Pi** erweitert.¹ Die Technik ist in einem transparenten PMMA-Doppelboden verbaut, was die Komponenten für Demonstrationszwecke sichtbar macht. In der Transportkiste wurden der Gewichtssensor, die Grund- und Adapterplatte sowie zwei Blenden angebracht (s. Abb. 1).

Gewichtsbasierte Verifikation und Prozesssteuerung der KLTs

Bei der Ausführung der Lieferung wird mittels **Gewichtsabfrage** im Lager geprüft, ob das Sollgewicht für den angeforderten Bedarf erreicht ist. Je nachdem, ob das tatsächliche Gewicht mit dem angeforderten Sollwert übereinstimmt, wird eine LED an der Vorderseite der Kiste aktiviert. Diese signalisiert mithilfe der Beschriftung an der Blende den Lieferstatus der aktuellen Bedarfsanforderung. Eine Auslieferung erfolgt nur, wenn das Sollgewicht erreicht ist.

Zusätzlich können die KLTs zur **Abfallentsorgung** an den Stationen eingesetzt werden. Durch die permanente Überwachung des Behältergewichts wird bei Erreichen eines Schwellenwerts (~70 % Füllgrad) automatisch der Abtransport der Kiste zum Abfalllager angefordert.

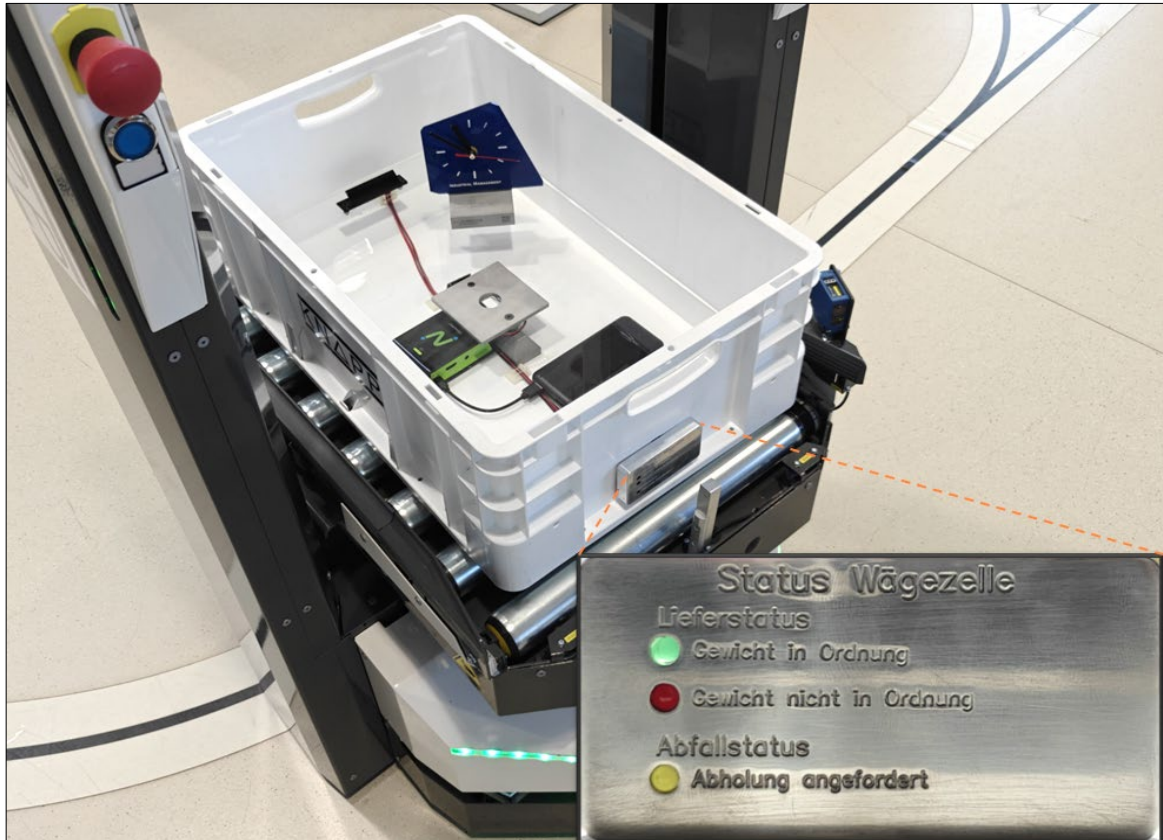


Abb. 1: Überarbeiteter KLT mit Gewichtssensorik und LED-Ausgabe

Vollautomatisierte Bedarfsanforderung

Die fünfte Ausbaustufe nutzt die integrierte Sensorik zur **permanenten Bestandsüberwachung** direkt an der Fertigungsstation. Sobald durch die Materialentnahme ein Mindestgewicht unterschritten wird, generiert das System eigenständig eine Bedarfsanforderung an das Leitsystem. Dies ermöglicht eine lückenlose Just-in-Time-Versorgung.

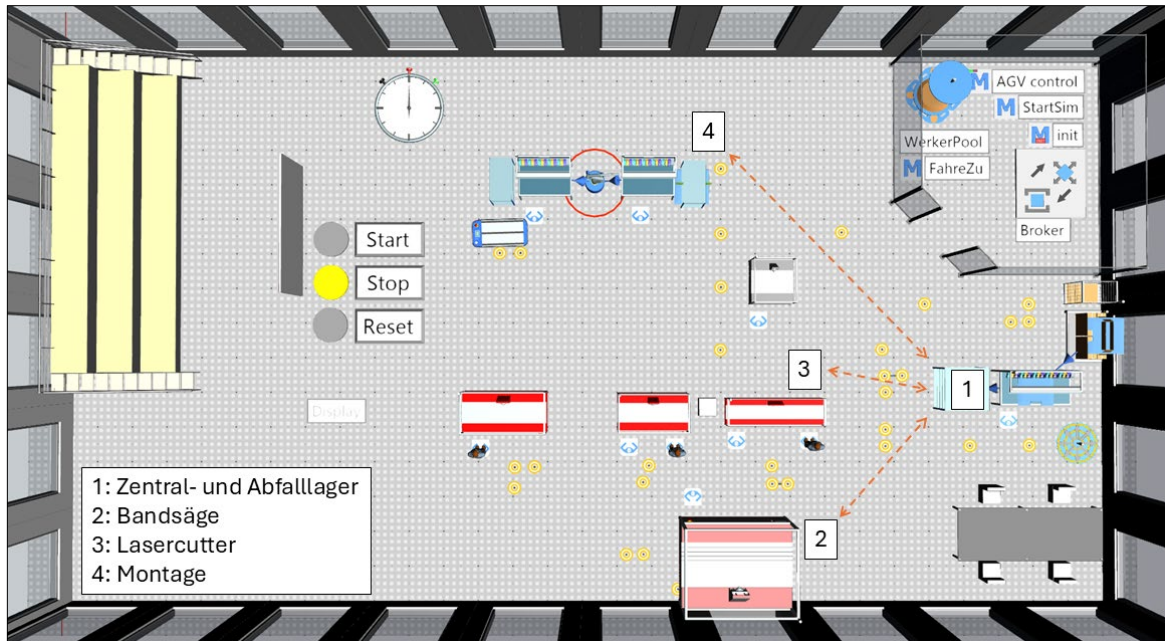


Abb.2: Modellierung des Smart Production Labs in Plant Simulation

Plant Simulation

Zur Visualisierung und Optimierung der Warenbewegungen wurde der gesamte Produktionsprozess als **Simulationsmodell** in der Software „Plant Simulation“ modelliert (s. Abb. 2). Dadurch lassen sich logistische Abläufe präzise simulieren, analysieren und effizienter gestalten. Um reale Durchlaufzeiten und Pufferkapazitäten abzubilden, wurden die tatsächlichen Bearbeitungsschritte der drei Arbeitsstationen detailliert implementiert. Die Simulation lieferte zudem entscheidende Erkenntnisse für die Steuerungslogik: In Szenarien, in denen mehrere Bedarfsanforderungen zeitgleich ausgelöst werden, konnten durch das Modell deutlich optimierte Routen ermittelt werden. Im Programm sind diese Anlaufstellen durch gelbe Marker gekennzeichnet, die dem AMR die exakten Zielpositionen vorgeben.

Ausblick

In kommenden Entwicklungsphasen wird das interne Transportsystem des Smart Production Lab zunehmend nach den Prinzipien selbstorganisierender Produktionssysteme organisiert, um ohne zentrale Steuerung und nach dem biologischen Prinzip der Selbstorganisation effiziente Transportabläufe zu generieren.²

Literatur / Zitat

- ¹ Vgl. Abels-Schlosser, S. (2025). Perception in der Logistik und im Supply Chain Management (Working Paper No. 99). Weidener Diskussionspapiere. <https://www.econstor.eu/handle/10419/333397>
- ² Vgl. Uhlmann, E., Polte, J. & Mühlich, C. (2025). Selbstorganisierende Produktionssysteme. K. Lindow (Hrsg.) Weiterentwicklung von Industrie 4.0 durch Integration biologischer Prinzipien. (S. 90-99). Fraunhofer. <http://doi.org/10.24406/publica-4353>