



Fraunhofer-Institut für Produktions-  
technik und Automatisierung IPA

Fraunhofer-Institut für Materialfluss  
und Logistik IML

**Dr.-Ing. Jana Jost und Dipl.-Ing. Richard Bormann, M.Sc.**

---

**Kollege Roboter gesucht:  
KI als Antwort auf den Fachkräftemangel  
in der Logistik?**

Fraunhofer-Gesellschaft

~ 32.000

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

76 Institute

und Forschungseinrichtungen

3,4 Mrd.

Finanzvolumen

Hauptstandorte ●  
Nebenstandorte ○



Fraunhofer IML, Dortmund

Fraunhofer IPA, Stuttgart

# Robotik und Automatisierung in der Logistik

## Typische Prozesse in der Lager- und Produktionslogistik

Be-/Entladung von LKW (Paletten, Gitterboxen, ...)



Bewegen/Stapeln von Gitterboxen/ Paletten mit AMR bzw. autonomen Staplern



Einlagern (Blocklager, automatische Lagersysteme, Hochregallager, ...)



Depalettieren + Sequenzierung von KLT und Verräumung in Kanban-Regale



Werktransport: Autonome Routenzüge, Außentransport



Bin Picking für Prozesszufuhr, Kitting, mobile Picking



Behältermanagement: Transport, Konsolidieren, Palettieren, ...



Palettenkommissionierung (Distributionszentrum)



Automatische Kleinteilelager



Einzelstückkommissionierung (online, MFC, ...)



Filiallogistik: Warenverräumung, Backbereich, ...)



Last Mile Delivery



# Robotik und Automatisierung in der Logistik

Paradigmenwechsel in der Automatisierung

Hohe Volumen



Geringer  
Produktmix

Strukturierte Umgebung



Hardware-  
basiert

Hoher  
Produktmix

Geringe Volumen

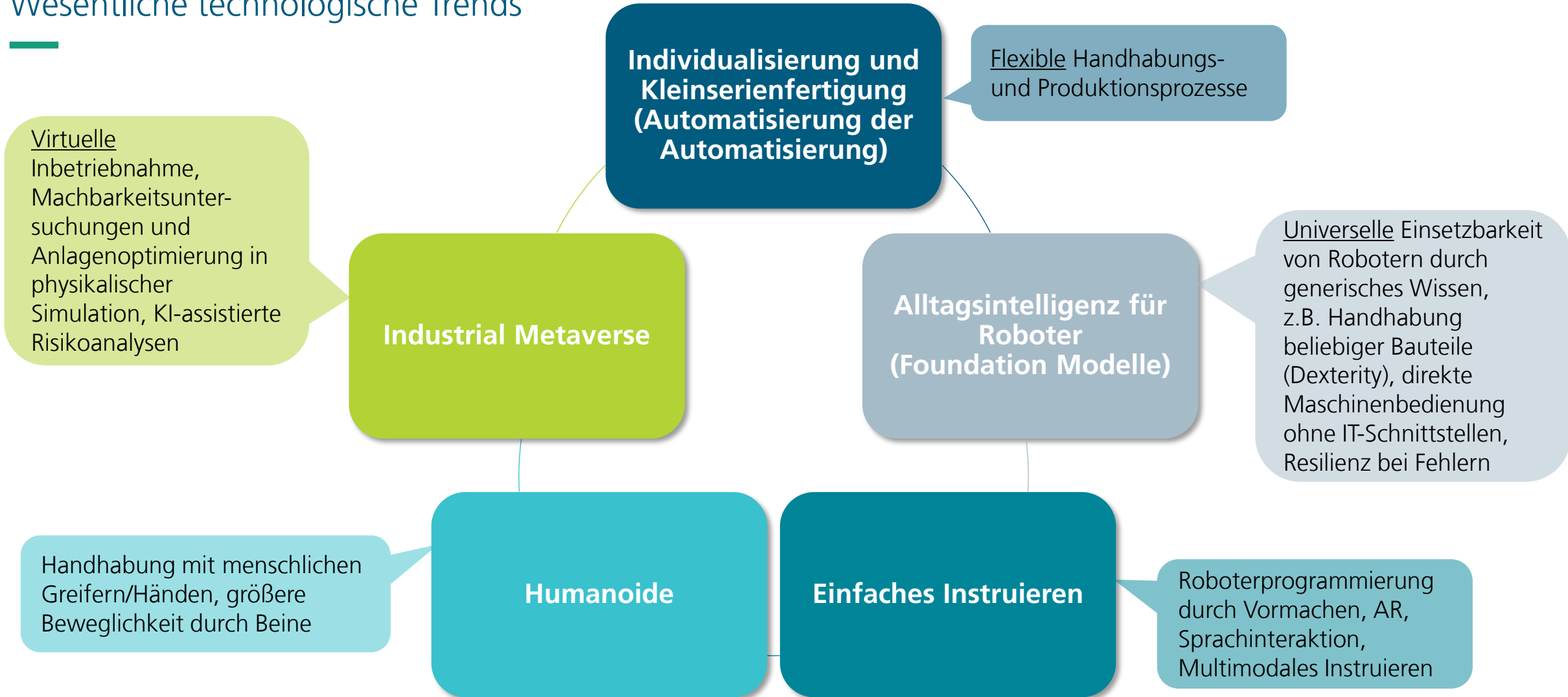


KI-  
basiert

Unstrukturierte Umgebung

# Robotik und Automatisierung in der Logistik

## Wesentliche technologische Trends





# Humanoide Roboter

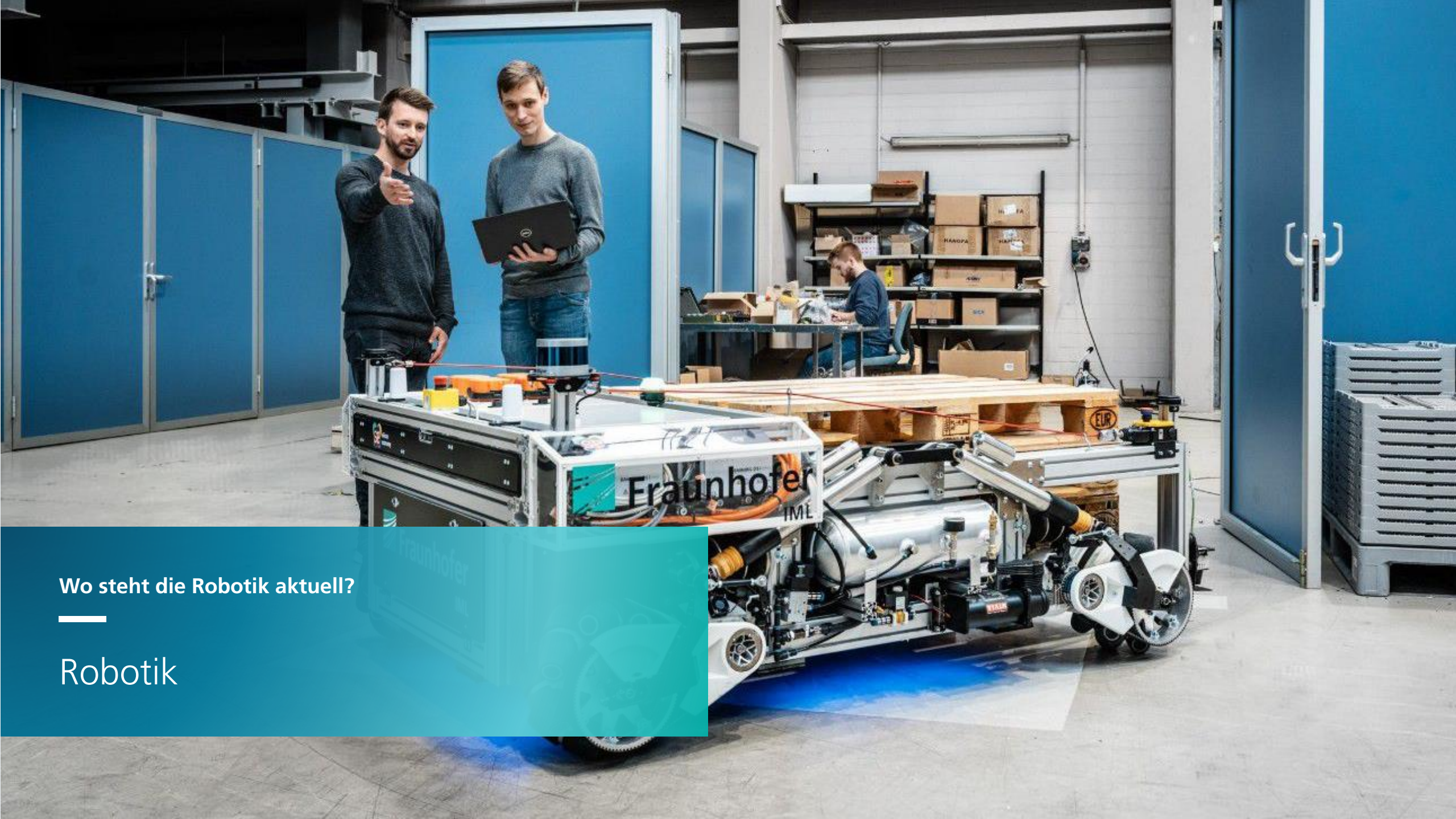
Hoffnung oder Hype?



Vs.  
Spezialisierte  
Lösungen

- **Promise:** Automatisieren im Brown Field + Flexibilität für verschiedene Aufgaben (GPT = General Purpose Technology, wie das Internet)
- **These:** humanoide Roboter sind nur eine Übergangstechnologie für das Brown Field. Wenn man alles automatisieren kann, baut man die Fabrik anders, und nicht auf den Menschen zugeschnitten.





Wo steht die Robotik aktuell?

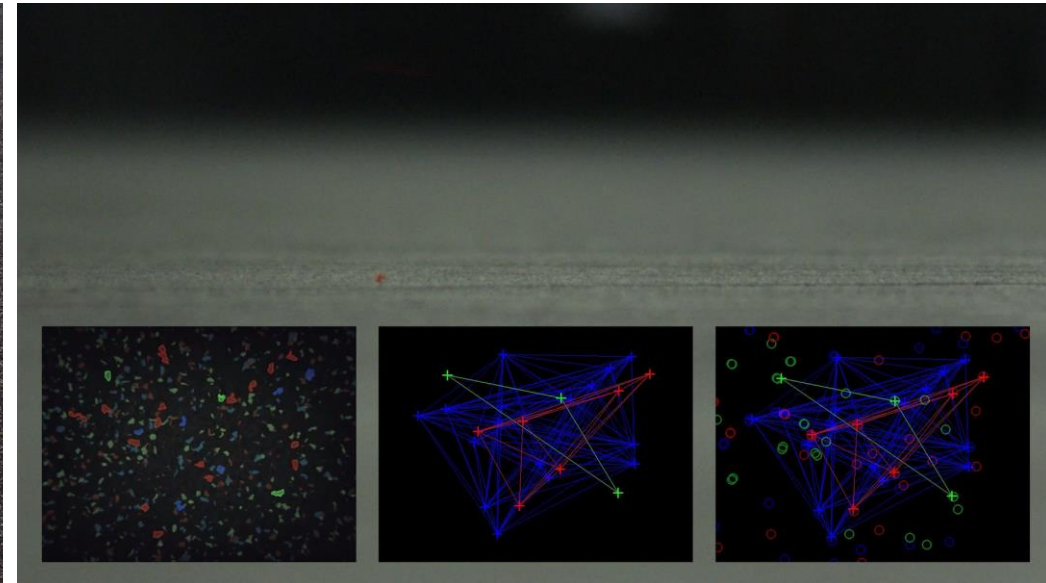
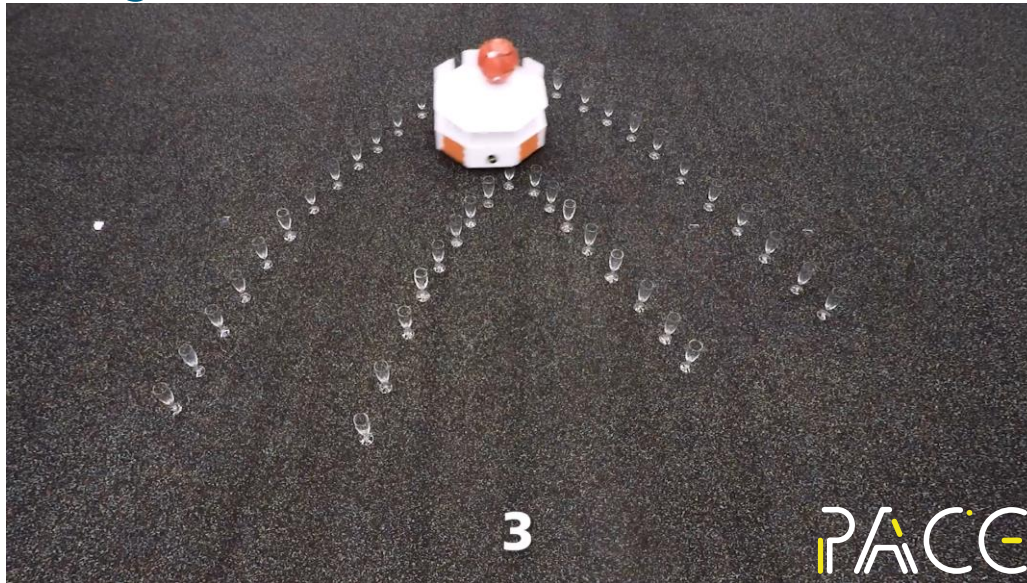
—  
Robotik



# Flottenkoordination

## Globale Pfadplanung

KION  
GROUP





# Autonome Intralogistik in Außenbereichen

## Navigation und Transport

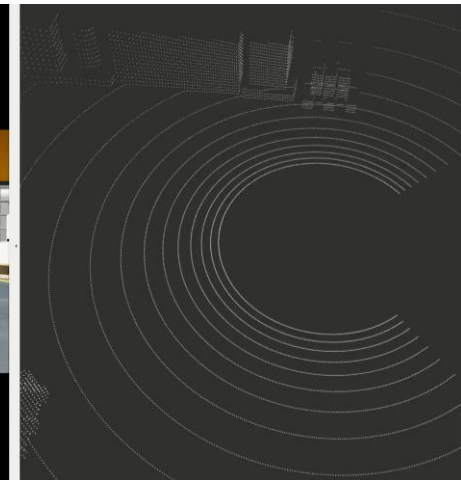
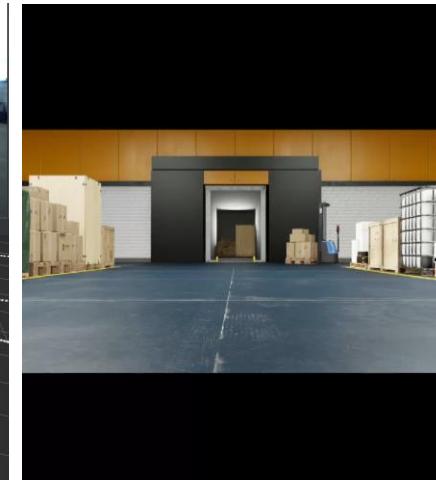
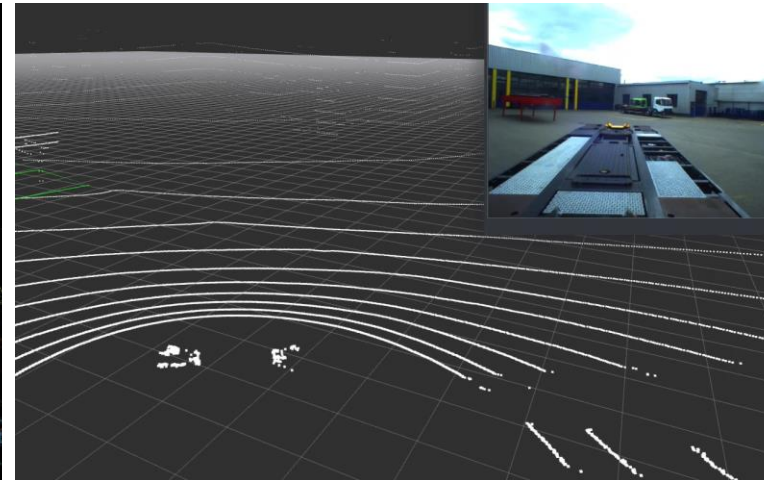
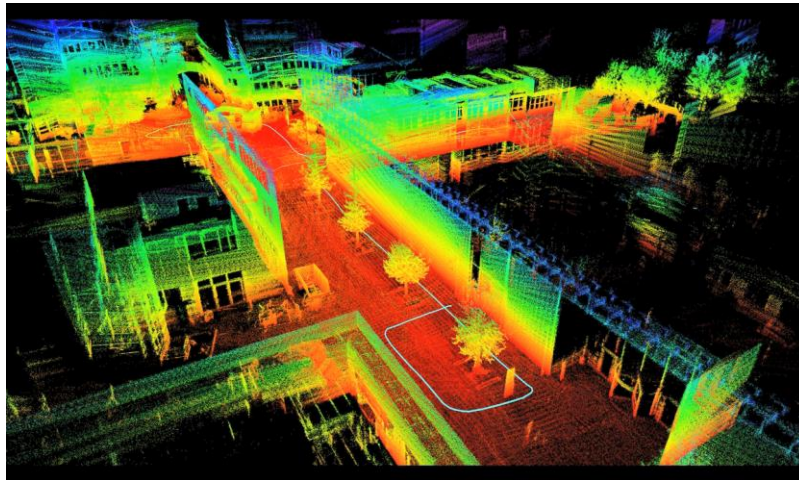


### Autonomie von Halle zu Halle in der Intralogistik

- **3D Kartierung** von Innen- und Außenbereichen
- **Robuste Lokalisierung** in **Innen- und Außenbereichen** ohne externe Infrastruktur (Reflektormarker) oder GNSS
- **Nahtloser** Einsatz von AMR **innen- und außen**

### KI-basierte Objekterkennung in 3D-Lidardaten

- **Detektion** und Identifikation von **Wechselbrücken**
- Bestimmung **Packstück-** und **Laderaumabmessungen** vor Beladung, Bestimmung **Packstück ID**
- **Optimierung** und **Monitoring** der **Beladung**

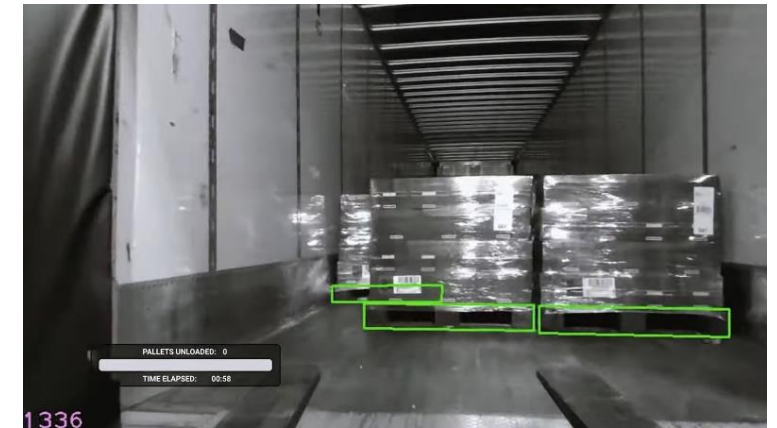


# Automatisierte LKW Be- und Entladung

## LKW Be- und Entladung mit Gabelstapler AMR

### Be- und Entladeautomatisierung

- Völlig **autonomer Betrieb**
  - AMR-Gabelstapler kann mit 3D-Kartierung, Lokalisierung und intelligenter Wegplanung autonom navigieren
  - Auswahl der besten Be- und Entlademuster
  - Ohne vorherige Kenntnis der Lagerhalle oder der Fahrzeugparameter
- **Robuste Erkennung** mit kostengünstigen Bildsensoren
  - LKW-Rampe und des LKW-Innenraums
  - Verschiedener Arten von Paletten
  - Anpassung der Be- und Entladestrategien
- Hinderniserkennung in Echtzeit mit fortschrittlicher Bildverarbeitungstechnologie
- **Überwachung des Lastzustands** in Echtzeit
- **Ununterbrochener Betrieb**
  - Funktioniert auch bei schwachem Licht, Kälte, Hitze und Feuchtigkeit



Gabelstapler AMR im Einsatz<sup>1</sup>

[1] Automated forklifts. (2024). Retrieved from <https://foxrobotics.com/>

# Einsatz von künstlicher Intelligenz für den Griff-in-die-Kiste

Schnelle und flexible Vereinzelung z.B. für die Maschinenbeladung oder beim Kitting

- KI-basierte Verfahren zur Vereinzelung von Bauteilen, hardwareunabhängig
- Geringe Taktzeit (wenige Millisekunden), intelligente, kollisionsfreie Greifstrategien
- **Mobile, universelle Handhabungsassistenten** in der Produktionslogistik

## Modellbasiert (Verwendung eines CAD-Modells)

- Robuste Objektlageschätzung und Greifposenbestimmung durch neuronale Netze (CNN), auch automatische Greiferauswahl möglich
- Präzises, definiertes Ablegen, z.B. zur **Maschinenbeladung / Prozesszuführung**
- Vollautomatische **Selbstkonfiguration** durch **KI** und **Simulation**

## Modellfrei (kein CAD-Modell notwendig)

- Minimaler Einrichtaufwand da bauteilunabhängig
- Unterstützung verschiedener Greiferprinzipien, 6-Freiheitsgradgriffe
- Ermöglicht Handhabung eines großen Produktspektrums
- Anwendungsfälle: **Vorkommissionierung / Kitting** in der Montage



# Modellfreies Kommissionieren beliebiger 3D Freiform-Objekte

Modellfreies Pick&Pack mit bis zu 1300 Zyklen pro Stunde

## Flexible Packplanung für beliebige unbekannte 3D Freiform-Objekte

- Ad-Hoc Planung (**stammdatenfrei**) in nur ~50ms
- Sofort **einsatzbereit**, individuelle Packregeln möglich

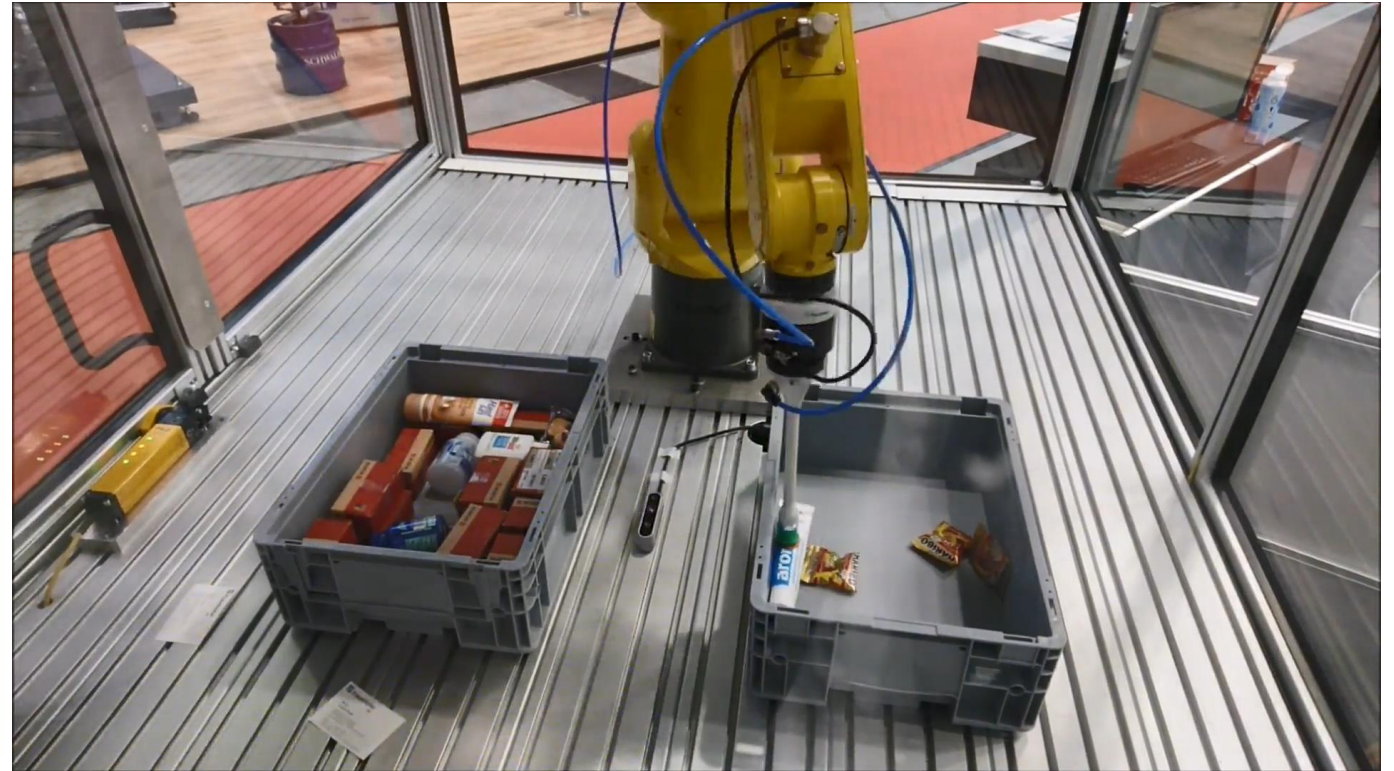
## Globale Planung für optimierte Packmuster und Sequenzen für bekannte 3D Freiform-Objekte

- Statische Planung für **global optimierte Packmuster** und **Packreihenfolgen** in **6 Freiheitsgraden**



## Einsatzfelder

- Warenkommissionierung, Einlagern, Palettieren, End-of-Line-Packaging, Beladung von LKW, Flugzeugen, Beladung von Rollcontainern, ...



# Mobiles Kommissionieren im Warenlager oder Einzelhandel

Behältermanagement, Objekterkennung, Lageschätzung, Mobile Manipulation, Greifen, Einpacken

- Automatisches **Kommissionieren** von Aufträgen oder **Kleinladungsträgerhandhabung** mit mobilem Roboter
- Warenmanagementsystem leitet den Roboter an die ungefähre Position im Lager
- **Erkennung** und 6-Freiheitsgrad-**Lokalisierung** beliebiger Artikel / KLT in sortierten und unsortierten Ablagen
- **Greifposenberechnung** und kollisionsfreies Zugreifen und Entnehmen, geordnete **Ablage** im Zielbehälter
- Erweiterbar um Anwendungen wie **Regalinspektion** und **Inventur, Nachfüllen der Regale** oder **Bodenreinigung**



Beispiel von 4am Robotics

# Logistik ist überall – Beispiel Laborlogistik

## Laborroboter „Kevin“

- Einlegen, Entnehmen und Transport von Laborproben
- Integriertes Zwischenlager für Proben
- Unterstützung des Laborpersonals (Fachkräftemangel)





A man in a white shirt is working in a factory setting, interacting with a white robotic arm. The arm is positioned over a workbench with various tools and components. A monitor is visible in the background, and the overall environment is clean and industrial.

Wie verändert sich die Arbeitswelt?

---

Die Rolle des Menschen

# Motivation

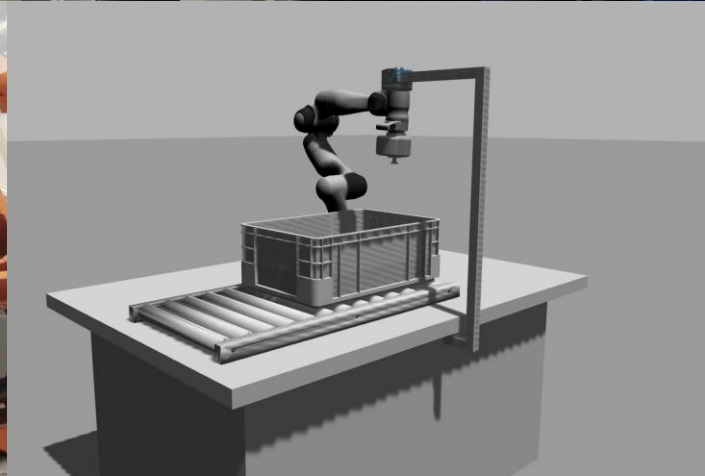
## Herausforderungen in der Arbeitswelt

Steigende Komplexität der Technik

Veränderte Beschäftigungsstruktur

Beanspruchungen bei der Arbeit







Die Rollen des Menschen

—  
Der Entscheider

Fraunhofer

IPACC

Fraunhofer

IPACC

hof

# Human Device als Schnittstelle des Menschen in der Produktionsumgebung



## Prototyp in der Silicon Economy



- Den Menschen in den Informationsprozess integrieren
- Die richtigen und wichtigen Informationen zum Menschen in der Produktion bringen
- Arbeiten nicht nur im Takt der Maschinen, sondern auch im Takt der Menschen



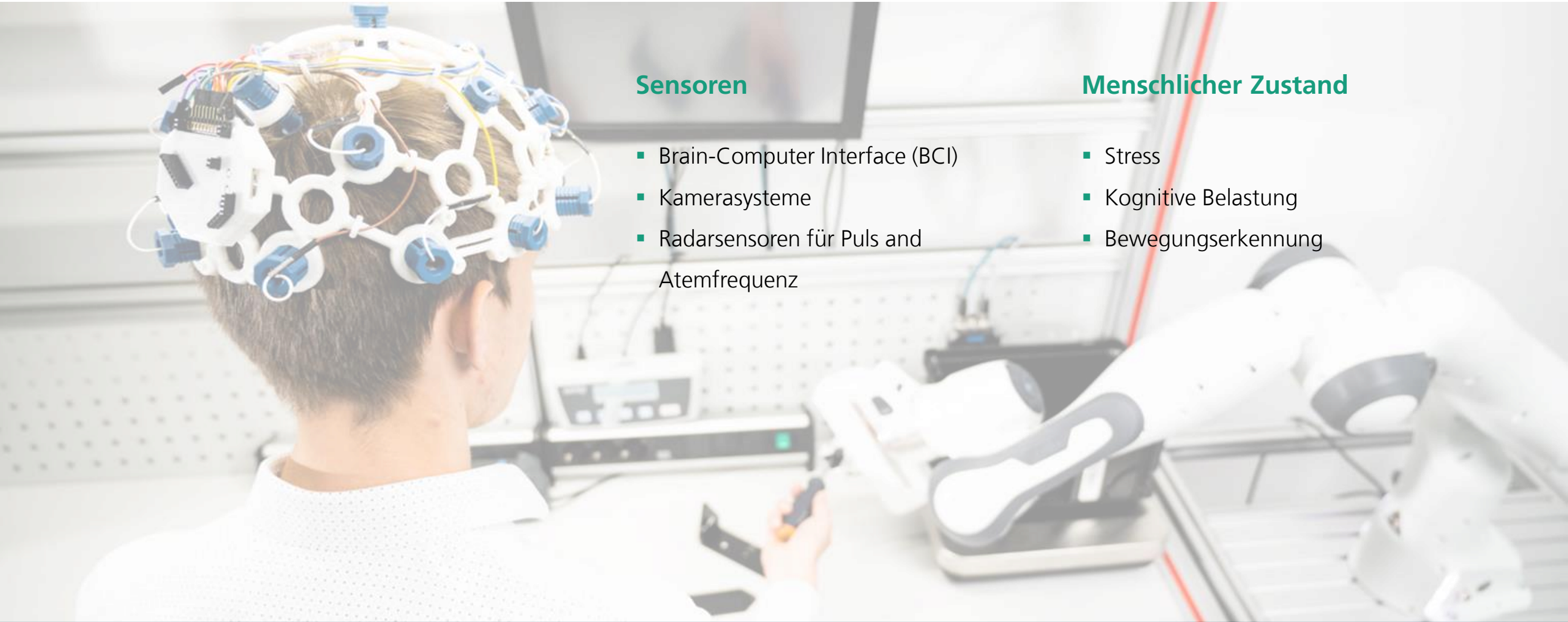
Die Rollen des Menschen



Der Unterstützte

# Sensoren am Menschen

Erkennen, was der Mensch braucht

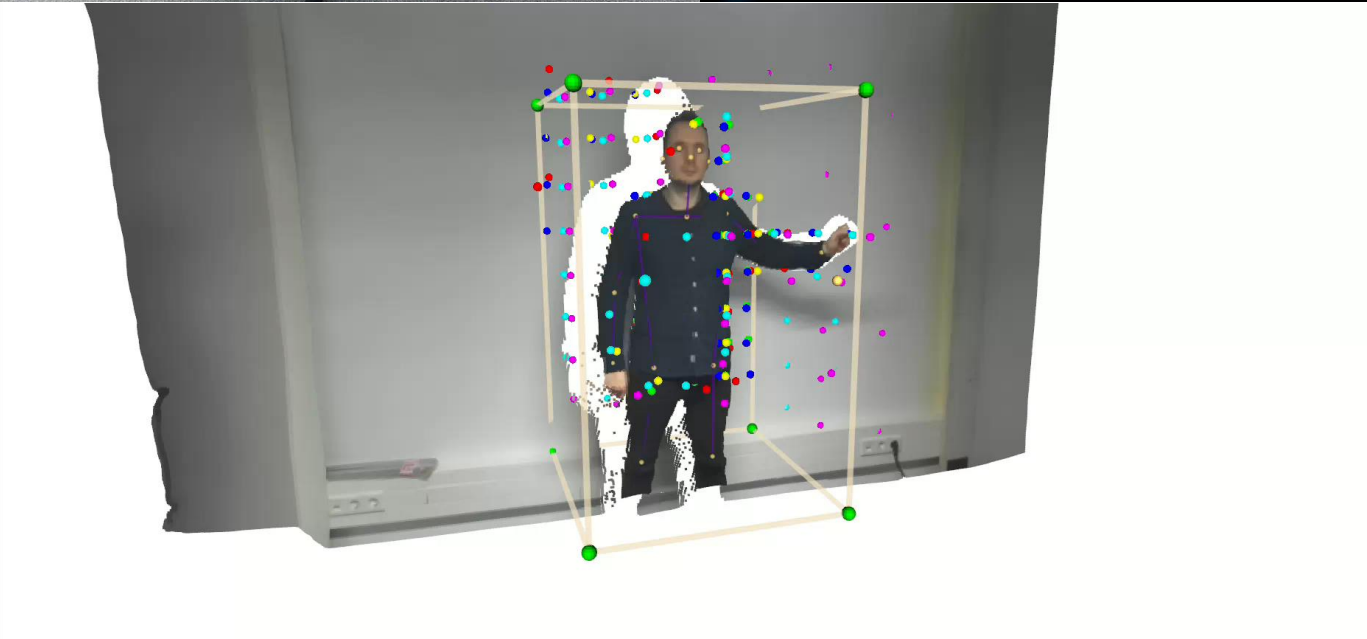


## Sensoren

- Brain-Computer Interface (BCI)
- Kamerasysteme
- Radarsensoren für Puls and Atemfrequenz

## Menschlicher Zustand

- Stress
- Kognitive Belastung
- Bewegungserkennung







Die Rollen des Menschen  
—  
Der Steuernde



# 5GRemRob – Remote Assistenz im Krankenhaus

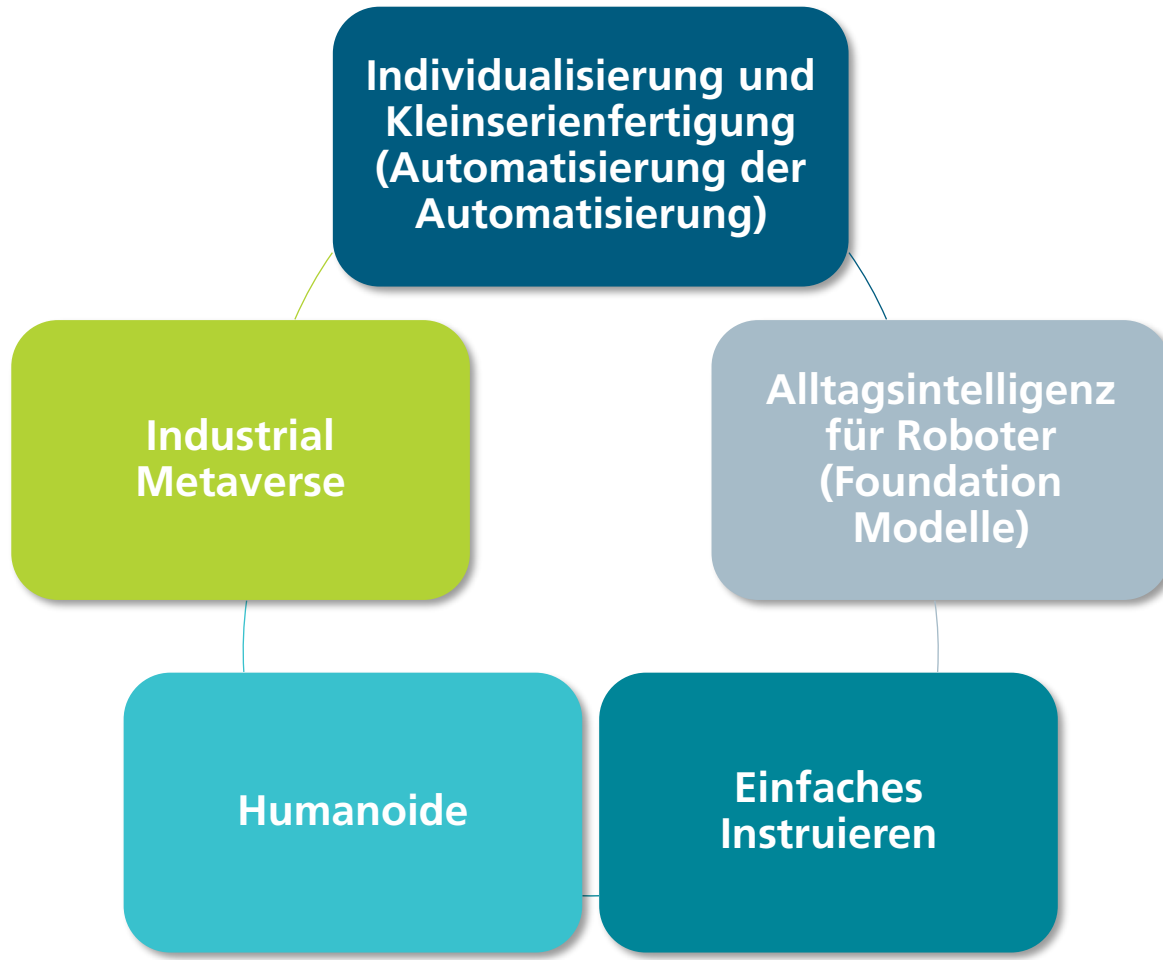
## Remote Assistenz

- Lebenslanges Lernen, z. B. Klassifizierung von Objekten, Wegplanung in unvorhersehbaren Situationen
- Streaming der Daten via 5G
- Unterstützung des entfernten Bedieners durch den Einsatz von XR



# Die vollautomatisierte Logistik – alles gelöst?

Herausforderungen der Zukunft



Die Logistik erlebt dank KI und Robotik gerade eine sehr spannende Zeit!



Bildquellen: iloxx.de, marktforschung.de, frey-schrauben.de, autoevolution.com

# Herzlichen Dank für Ihr Interesse!



## Kontakt

---

**Dipl.-Ing. Richard Bormann, M.Sc.**  
Gruppenleiter Handhabung & Intralogistik  
richard.bormann@ipa.fraunhofer.de

**Dr.-Ing. Jana Jost**  
Abteilungsleiterin Robotik & Kognitive Systeme  
jana.jost@iml.fraunhofer.de

### Termine

**29. – 30.10. Kompakteinstieg Reinforcement Learning for Robotics and Automation**

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/veranstaltungen-messen/veranstaltungen/2024/kompakteinstieg-reinforcement-learning-for-robotics-and-automation.html>

**12. – 13.11. Machine Learning-Expertenschulung »Cognitive Robotics« – werden Sie KI-Experte für Roboteranwendungen**

<https://www.ipa.fraunhofer.de/de/veranstaltungen-messen/veranstaltungen/2024/cognitive-robotics.html>