

**FAPS**

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



# Biomechatronik

## Technologie nähert sich dem Menschen an

Vorstellung des Forschungsbereichs Biomechatronik

# Die thematischen Schwerpunkte flexible Automatisierung und Medizintechnik des Forschungsbereichs zielen auf die menschenzentrierte Entwicklung mechatronischer Systeme.

Automatisierungstechnik      Fertigungssysteme      Bionik

### Flexible roboterbasierte Automatisierung

### Medizintechnik

Anwendungskontext

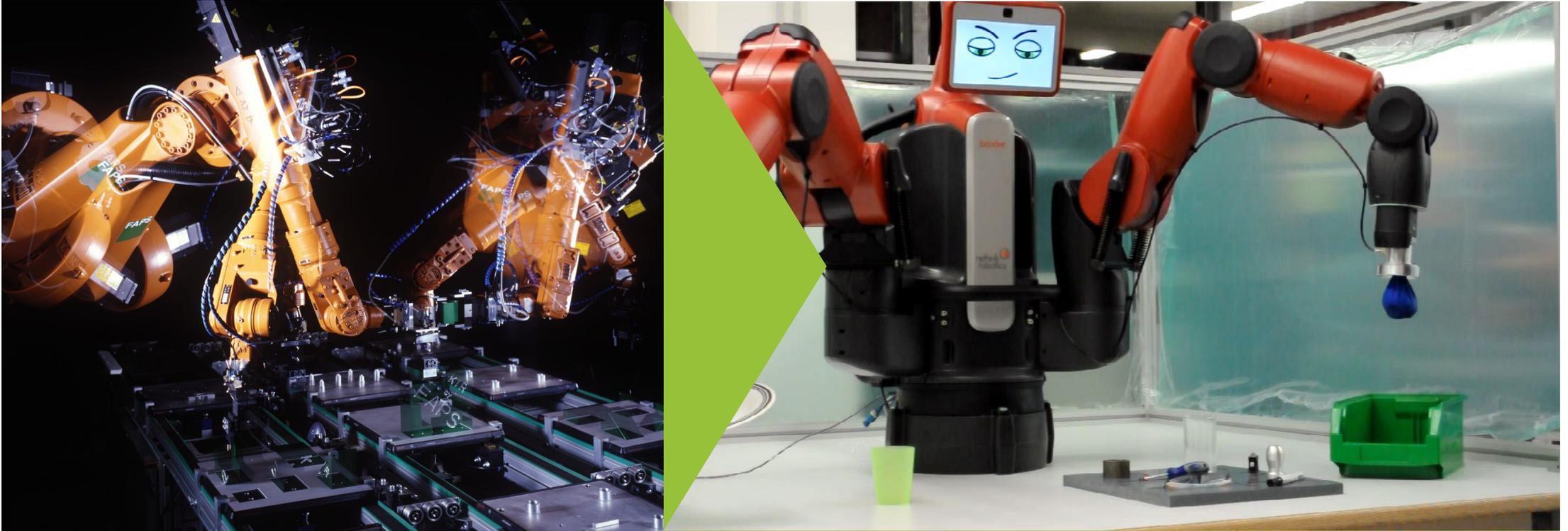
**Sichere  
und akzeptierte Systeme  
für den Menschen**

Demonstratoren

Sensorik und Aktorik

Software

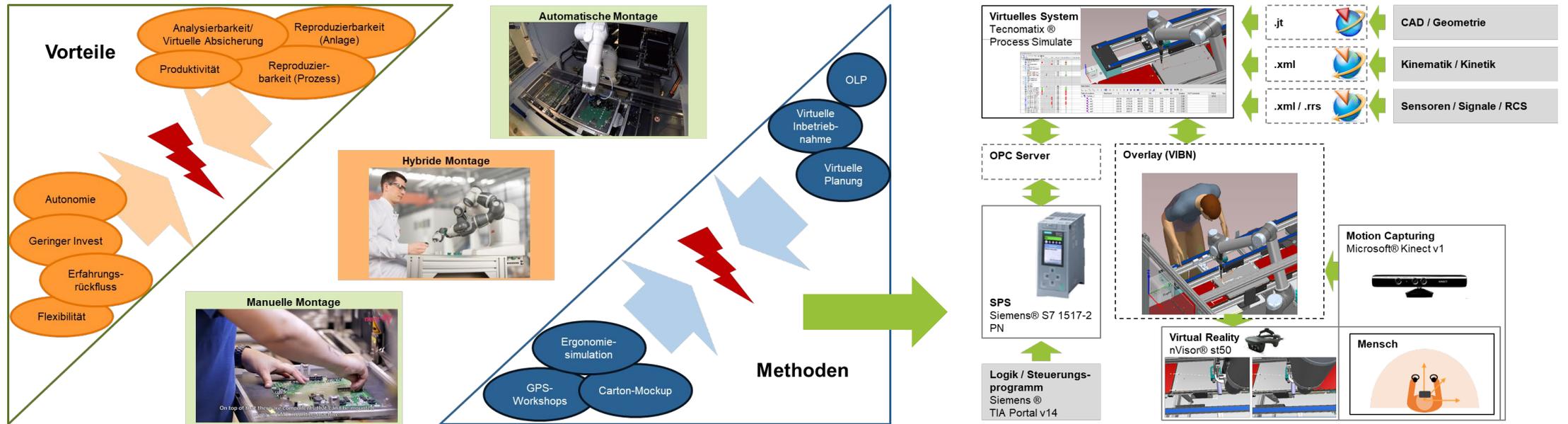
**Im industriellen Kontext können neue Anwendungsszenarien für Robotersysteme durch Flexibilisierung erschlossen werden.**



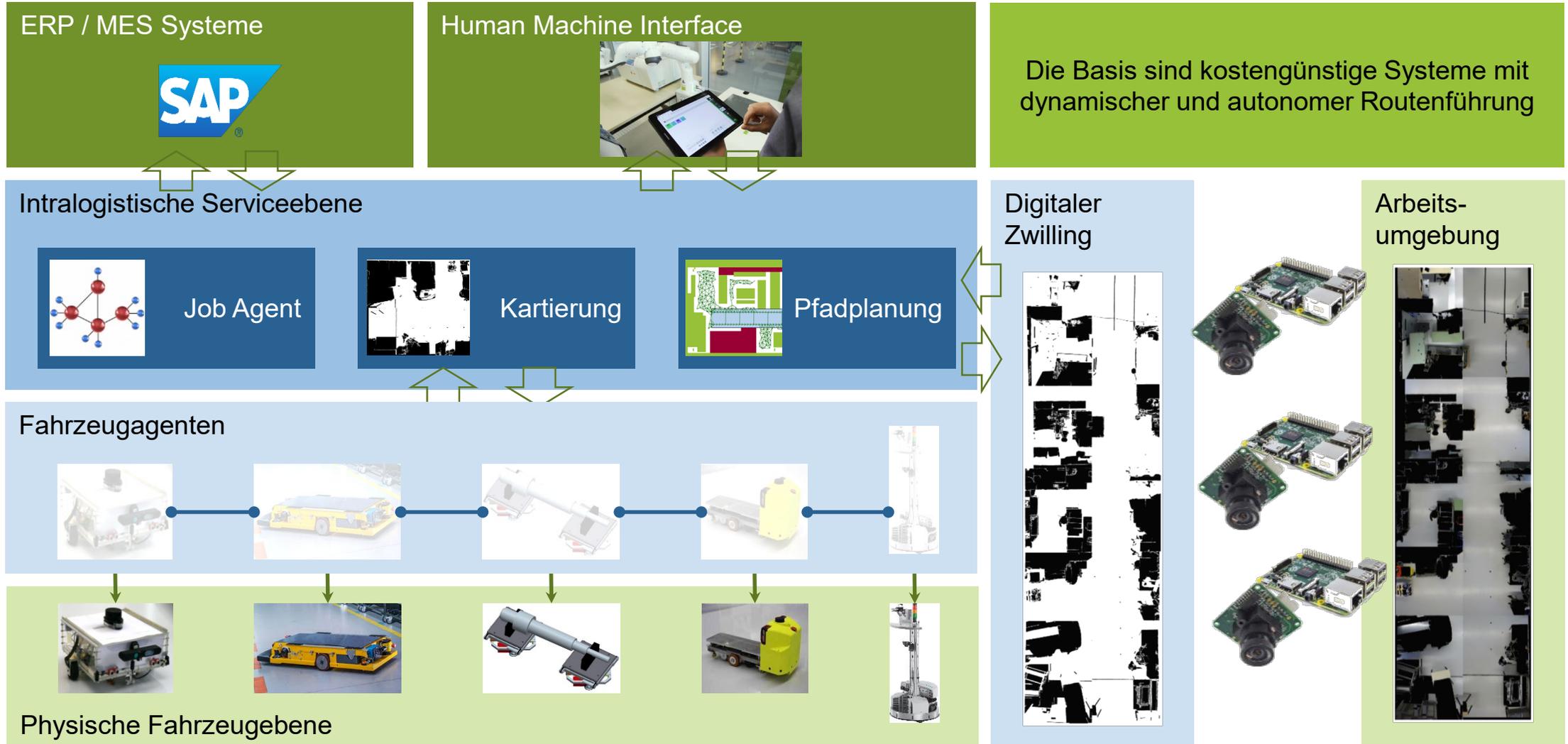
**Sollen neue Automatisierungslösungen eine breite Anwendung finden, müssen diese flexibel aufgebaut, anpassbar und erweiterungsfähig sein.**

**Dies kann durch erweiterte Sensorik, Einbindung des Menschen und intelligente Systemintegration erreicht werden.**

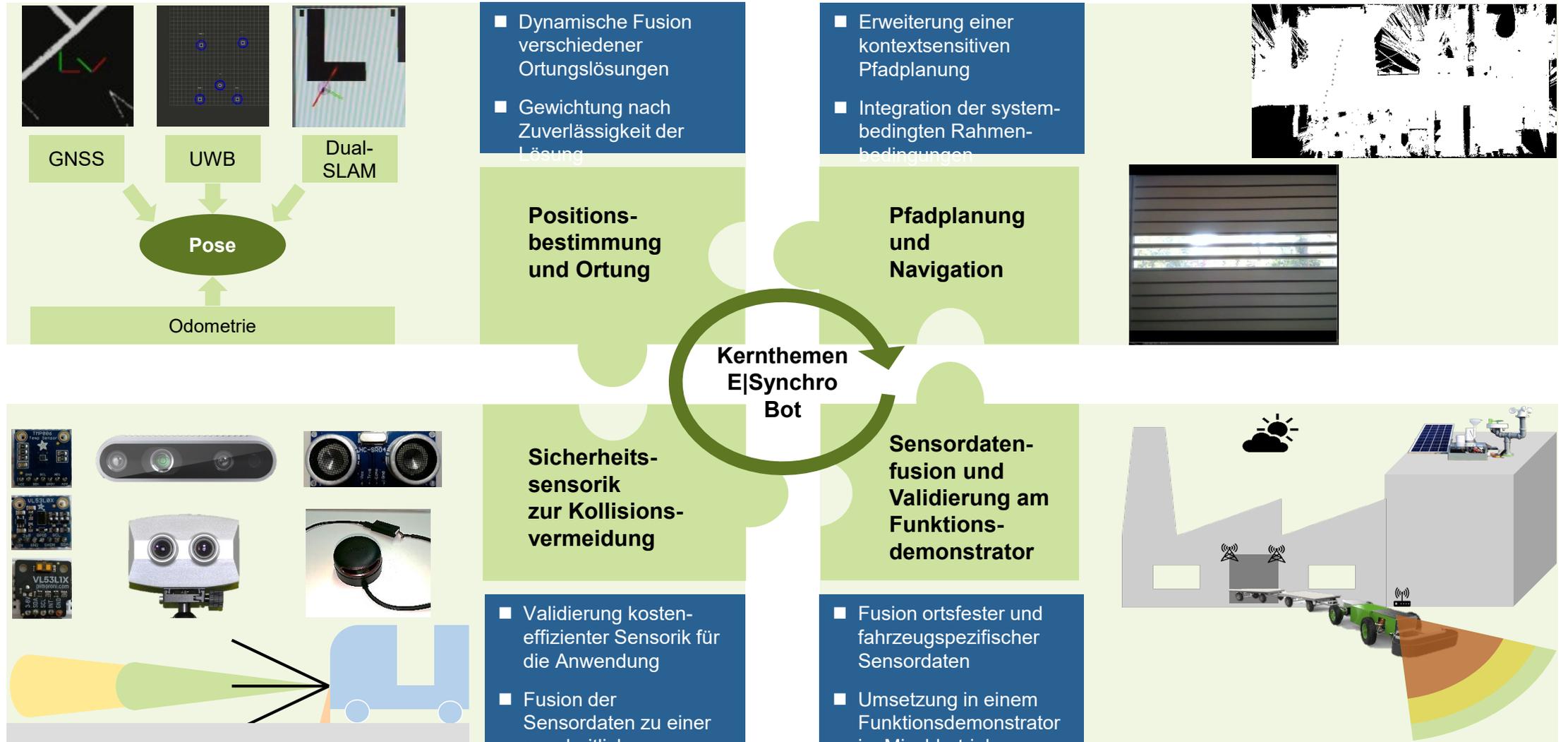
# Um eine wirtschaftliche Automatisierung mittels einer Mensch-Roboter-Zusammenarbeit zu realisieren, ist die Entwicklung effizienter Planungsmethoden und –werkzeuge Voraussetzung.



# Das Forschungsprojekt E|Flow adressiert die Flexibilisierung der Intralogistik.



# Ziel des Forschungsprojekts E|SynchroBot ist der sichere Einsatz fahrerloser Schlepper im Indoor- und Outdoorbereich unter Verwendung kostengünstiger Sensorik.



# Im Forschungsprojekt Intrafly werden autonome Flugroboter für den Einsatz in Intralogistik und industrieller Fertigung erforscht und entwickelt.

## Motivation und Herausforderungen

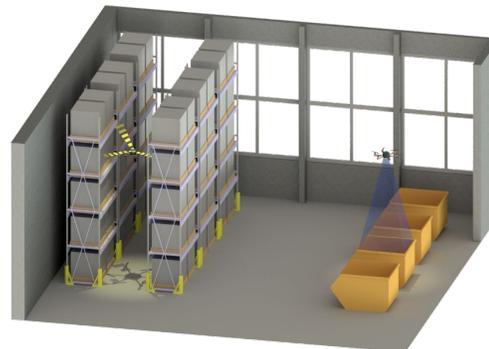
- Multicopter ermöglichen die Erweiterung des innerbetrieblichen Warentransports in die dritte Dimension.
- Flugroboter können Wartungs- und Überwachungsaufgaben in schwer oder nicht zugänglichen Bereichen übernehmen.
- Die bestehende Multicopter-technik wird den industriellen Anforderungen nicht gerecht.
- Mit den derzeit verfügbaren Technologien lässt sich kein vollautonomer Flugroboter für den industriellen Einsatz realisieren.



## Forschungs- und Projektinhalte

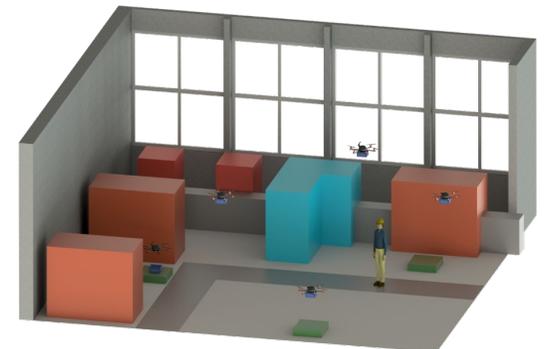
Autonome und mehrdimensionale Warentransportsysteme

Dynamische und dreidimensionale Pfadplanung



Erweiterung der Multicopter-technik um Indoor-Ortungssysteme, Sensorik und Aktorik

Sicherheitstechnologien und Schutzmaßnahmen zur Absicherung von Flugrobotern



Für den Einsatz autonomer Flugroboter in der Industrie sind neue Lösungen in den Bereichen der Flugsicherheit sowie der Kollisionsvermeidung und Pfadplanung erforderlich.

### Arbeitsschutz und Sicherheit



- Gefährdung durch herabfallende Objekte
- Hohe Schallemission der Rotorblätter und hohes Verletzungsrisiko an den rotierenden Propellern
- Redundante, industrietaugliche Flugsteuerungen erforderlich
- Aktuell noch keine Richtlinien zum industriellen Einsatz von Flugrobotern vorhanden

### Kollisionsvermeidung und Pfadplanung



- Exakte Indoor-Positionsbestimmung der Flugroboter
- Umfelderfassung auf Basis von Karten und geeigneter Sensorik
- Dreidimensionale Pfadplanung zur Navigation des Flugroboters
- Kollisionsvermeidung für statische und dynamische Objekte

# Der Forschungsverbund FORobotics der bayerischen Forschungsstiftung fokussiert das Potenzial kooperierender mobiler Roboterteams in der Produktion und Intralogistik.



FORobotics 2019, Fraunhofer IGCV, Hefter, YASKAWA, Grenzebach, Global Aerospace Campus

## Autonome mobile Robotersysteme

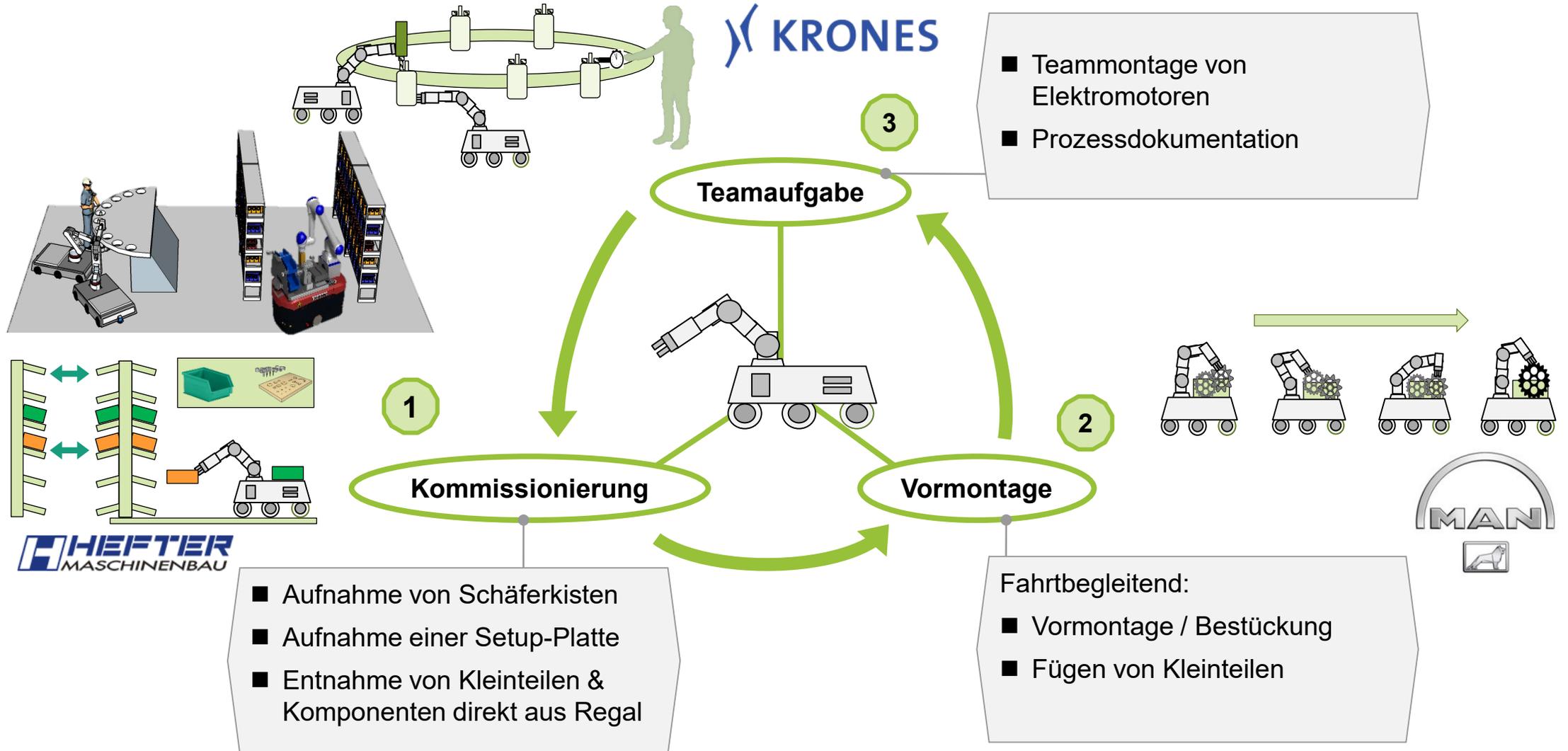
- Zunehmende Variantenvielfalt durch kundenindividuelle Produkte sowie kürzere Produktlebenszyklen führen zu besonderen Anforderungen an die Intralogistik und Montage
- Komponenten und Werkzeuge müssen flexibel und auftragspezifisch an entsprechenden Stationen bereitgestellt werden
- Intralogistik wertschöpfungsermöglichend
- Etablierte Fahrerlose Transportsysteme (FTS) nur bedingt geeignet für komplexe Aufgabenstellungen (insb. Vormontage)



**Mobile Robotersysteme als Befähiger für eine Erhöhung des Automatisierungsgrads und zur weiteren Steigerung des Wertschöpfungsanteils in der Produktion.**

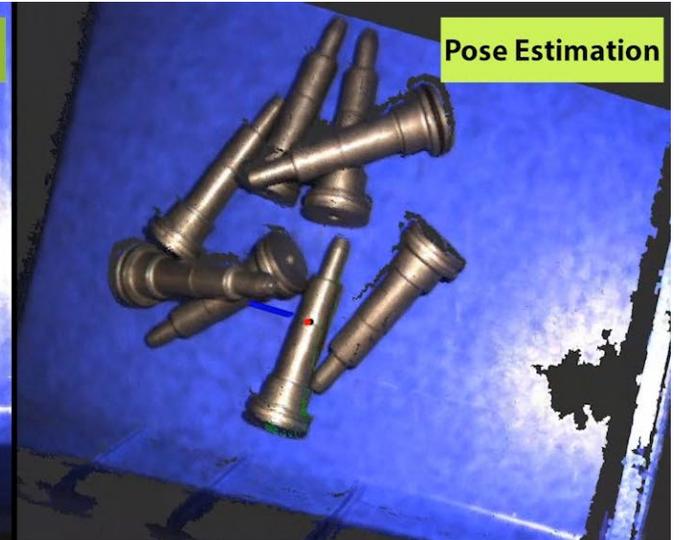
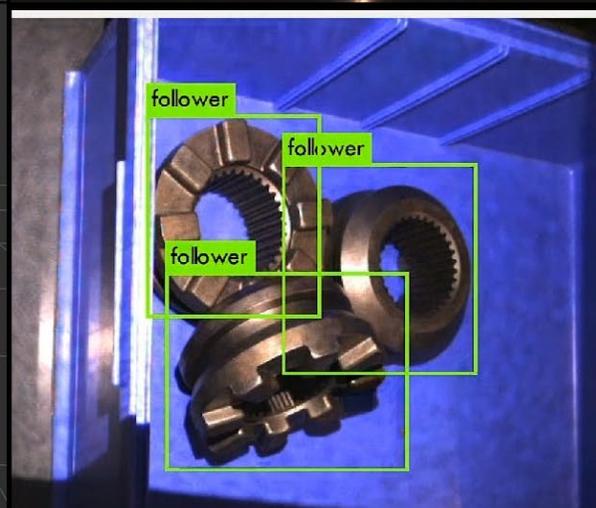
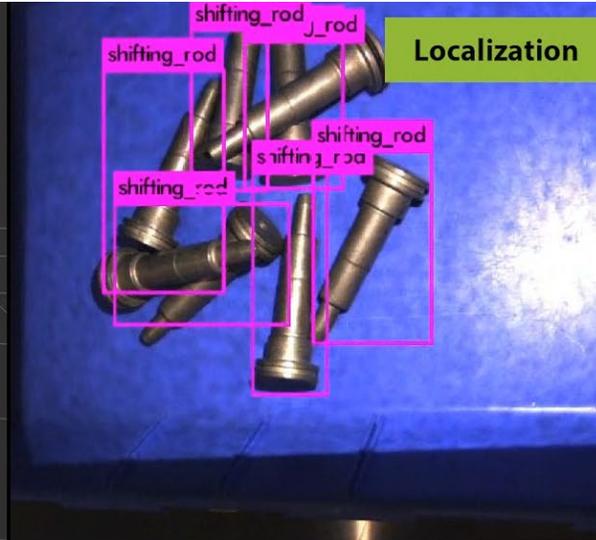
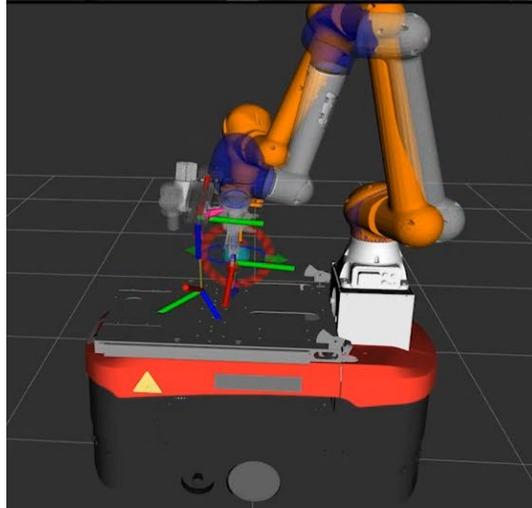
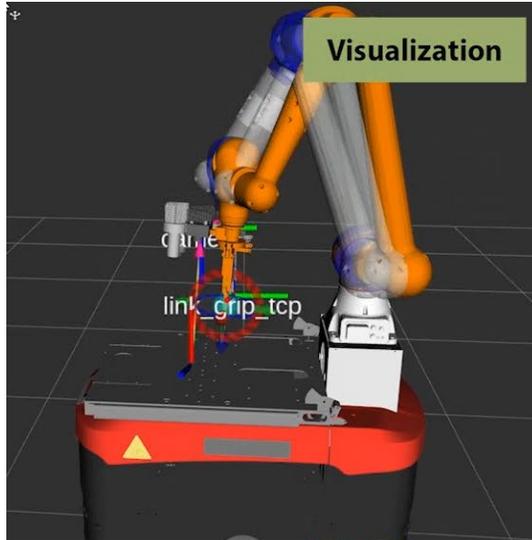


Der Forschungsverbund FORobotics der bayerischen Forschungsstiftung fokussiert das Potenzial kooperierender mobiler Roboterteams in der Produktion und Intralogistik.



Eine kombinierte, CNN-gestützte Pipeline zur 6DoF-Poseschätzung ermöglicht einen robusten und zeiteffizienten Griff in die Kiste für texturlose, metallische Industriekomponenten.

- Mitnehmer (1)
- Schaltstange (2)
- Schaltgabel (3)



Die ad-hoc Assistenz für autonome mobile Robotersysteme durch einen fernaufgeschalteten Teleoperator dient der Aufgabenerfüllung im Fehlerfall sowie der Fähigkeitserweiterung.



Teleoperation  
Test Bench

## Intuitive Kommunikation mit komplexen Systemen erleichtert die Zusammenarbeit und schafft Akzeptanz.

Multimodale Kommunikation über Sprache, Gesten und Berührung kann die Nutzung von Robotersystemen vereinfachen

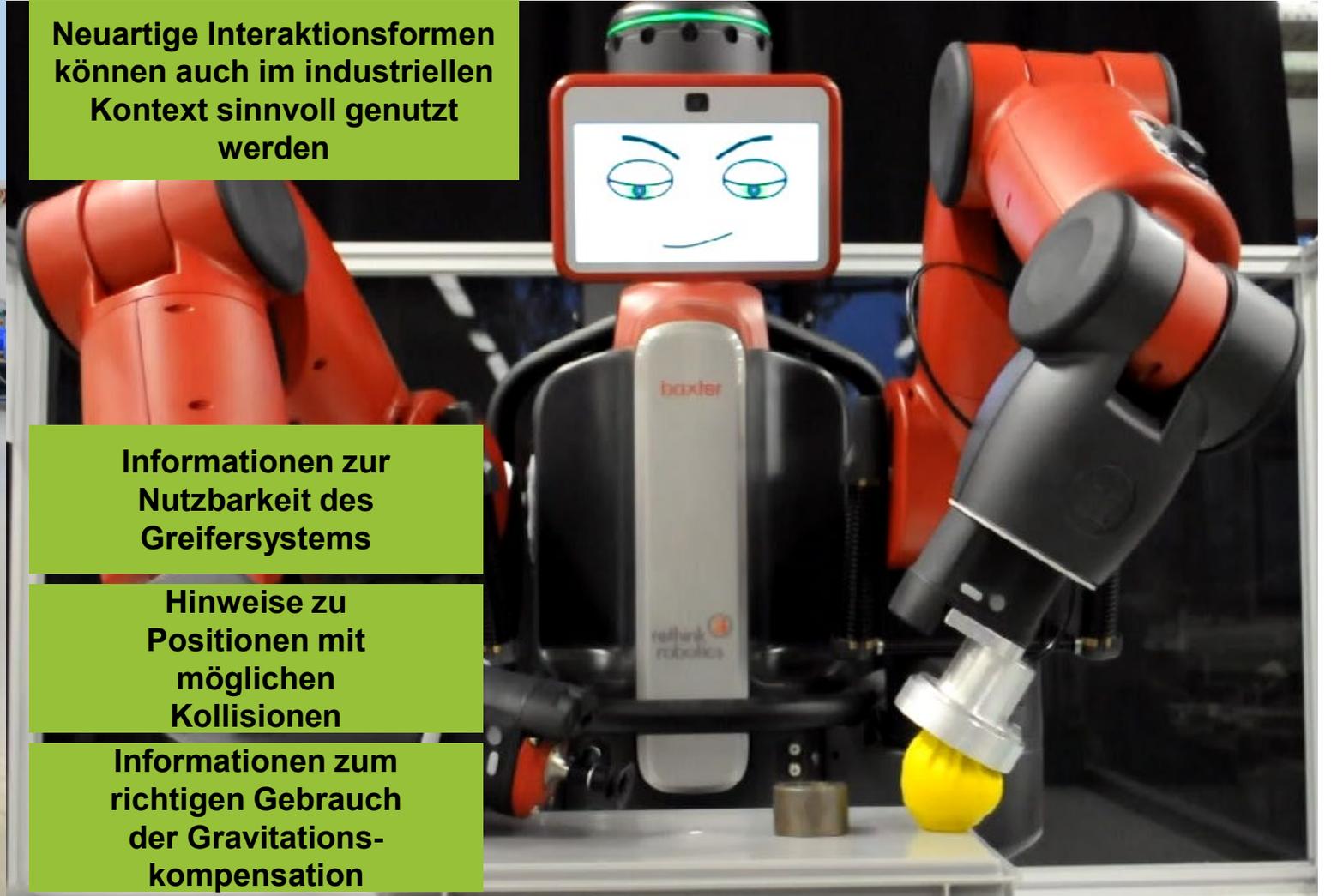


Neuartige Interaktionsformen können auch im industriellen Kontext sinnvoll genutzt werden

Informationen zur Nutzbarkeit des Greifersystems

Hinweise zu Positionen mit möglichen Kollisionen

Informationen zum richtigen Gebrauch der Gravitationskompensation



Ein Paradigmenwechsel in der Robotik kann erweiterte oder sogar grundlegend neue Applikationen und Anwendungsfelder erschließen.

Systeme mit möglichst hoher Steifigkeit ermöglichen präzisere (Micro-)roboter



Eine optimale  
Aufgabenangepasste  
Kombination

Soft Robots sollen ihre Aufgaben wenn möglich komplett ohne feste Komponenten erfüllen

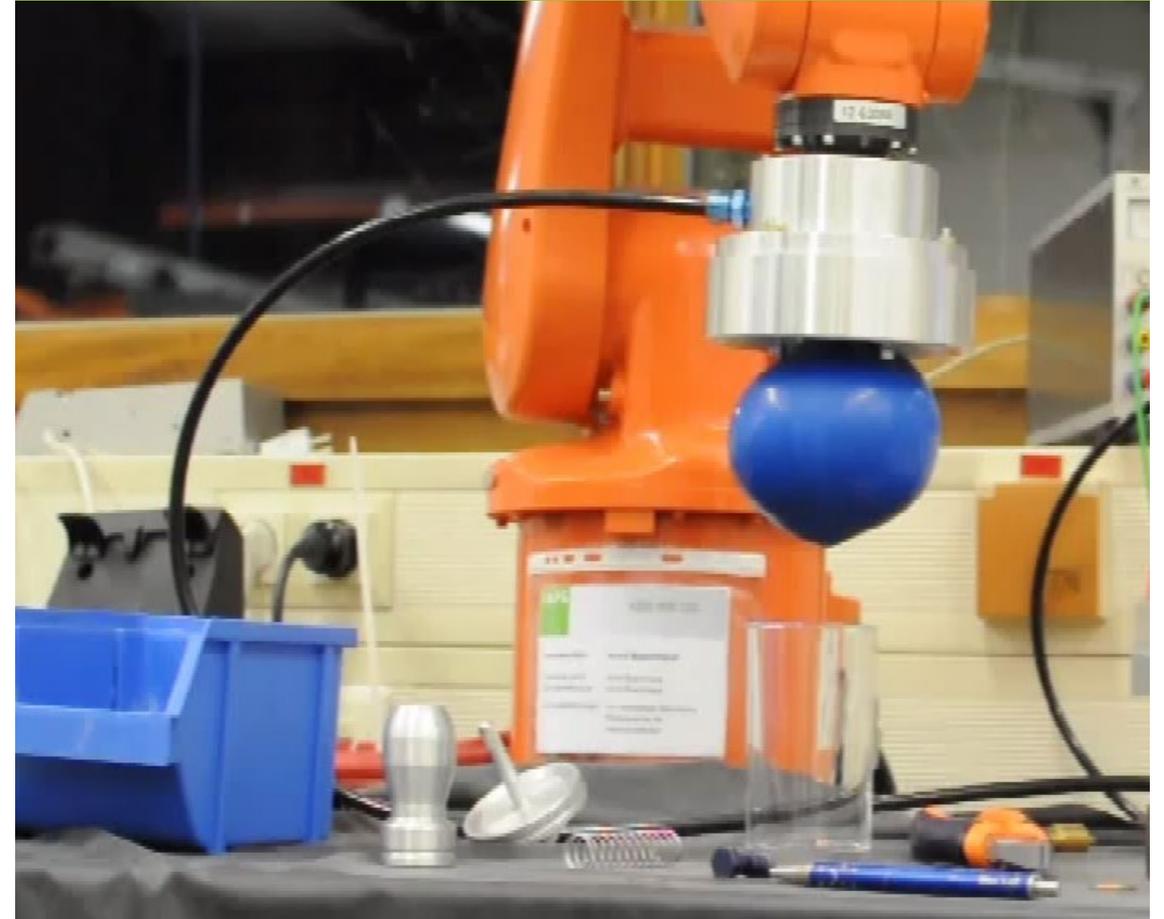


**Mechanisch flexible Systeme sind ein wichtiger Baustein um robotische Systeme robust in einer sich ständig ändernden Umgebung mit wechselnden Aufgaben einzusetzen.**

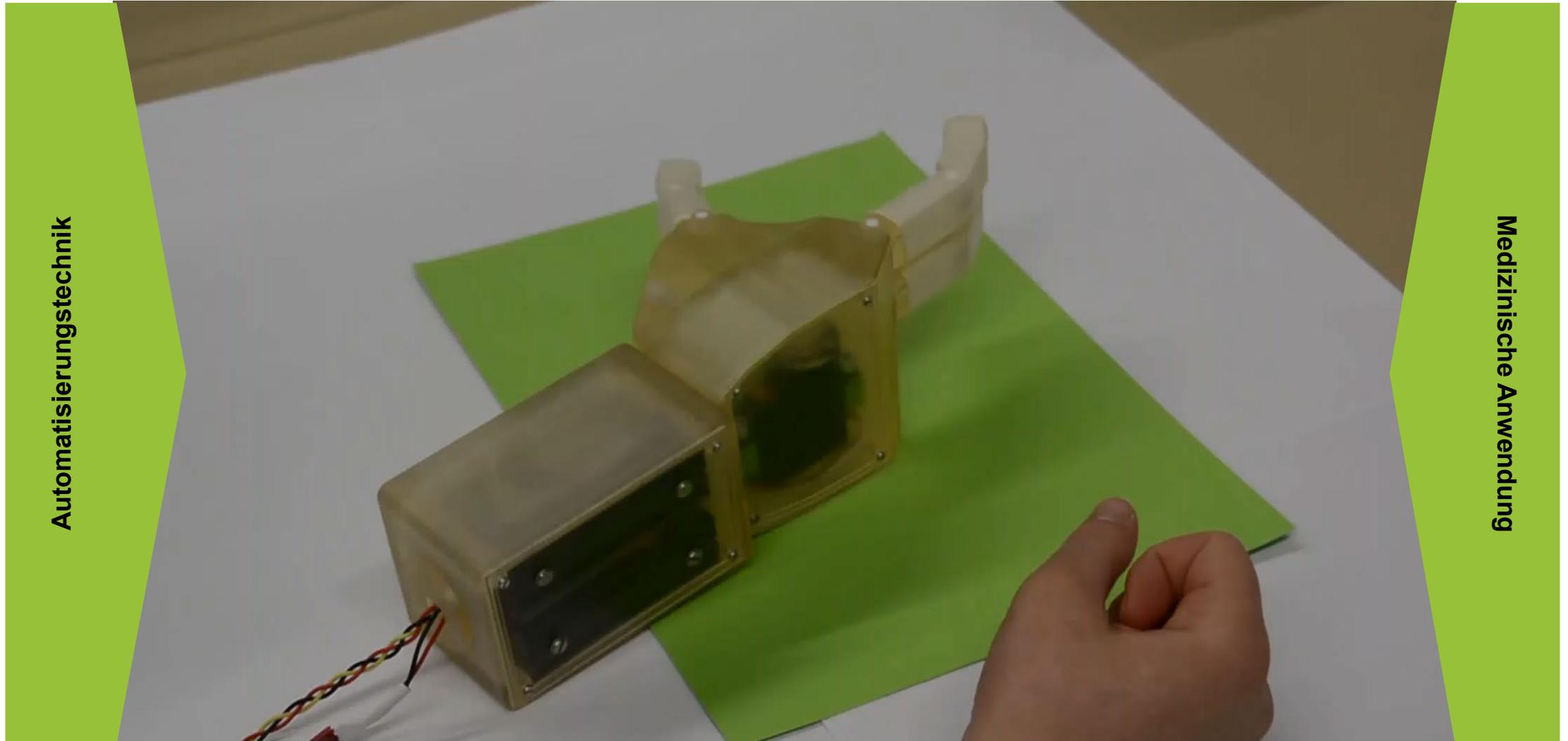
Ein flexibel eingesetzter Roboter muss eine Vielzahl von Gegenständen greifen



Der Kaffeegreifer ist eine einfache und wirkungsvolle Alternative zur Handhabung unterschiedlichster Gegenstände



Der interdisziplinäre Austausch zwischen Automatisierungs- und Medizintechnik fördert die Entwicklung neuer Assistenzsysteme und Lösungen für die Medizin.



Das Assistenzsystem soll möglichst kompakt und leicht gestaltet sein, während des Joggens eine hohe Ergonomie besitzen und auf günstigen Komponenten basieren.



Ein tragbares Assistenzsystem ermöglicht die Navigation blinder Jogger durch Umgebungserfassung mit Hilfe einer 3D Stereo Kamera.

Assistenzsystem



Probandenstudie zur Evaluation des vibrotaktilen Feedbacks



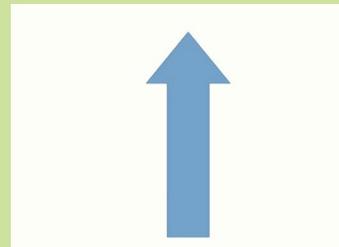
# Die Wegerkennung kann maßgeblich durch die Nutzung Künstlicher Neuronaler Netze gesteigert werden.

## Datensatz



- 10.000 Bilder in 3 Klassen (rechts, links, mittig)
- Unterschiedlichste Bedingungen (Wetter, Untergrund, Umgebung)
- Training eines Neuronalen Netzes

## Evaluation



- Positive Evaluation der Wegerkennung in Feldtests
- Einschränkung in urbanen Szenarien

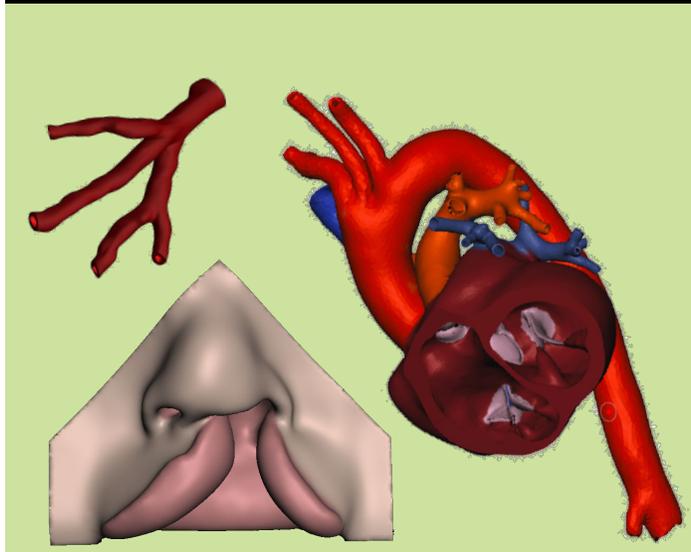
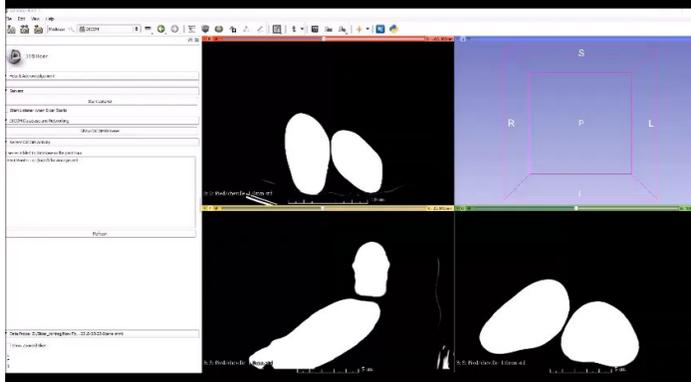
## Anwendung



- Integration des KNN in das Assistenzsystem
- Verwendung einer eingebetteten GPU (Nvidia Jetson TX2)

**Haptische Modelle von anatomischen Strukturen können zur chirurgischen Simulation genutzt werden und sollen hierbei möglichst gut das biologische Original widerspiegeln.**

### Digitale Modellerstellung basierend auf CT/MRT Daten

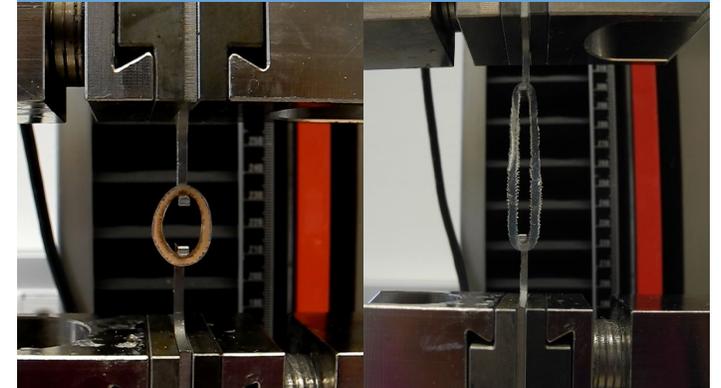


### Additive Fertigung aus Silikon in verschiedenen Farben und Härten

**ACEO®**

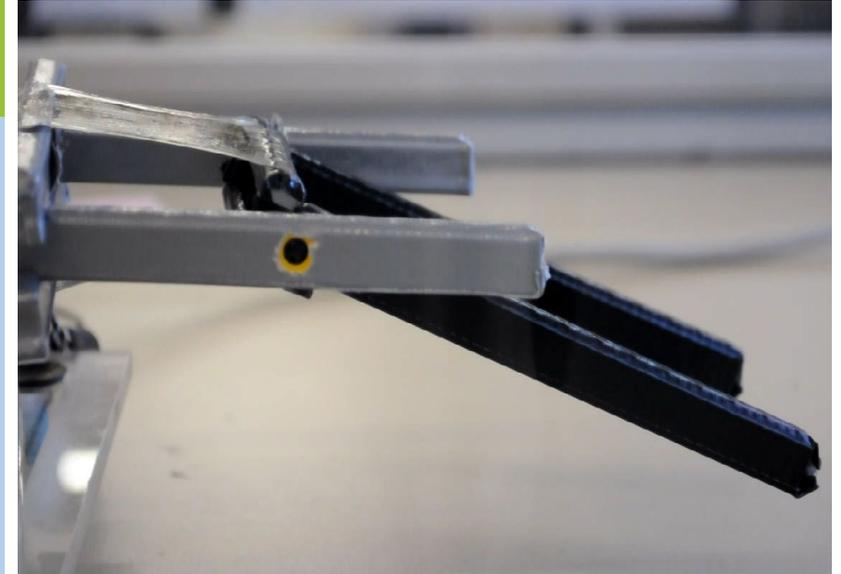
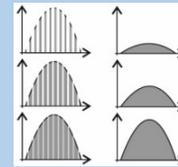
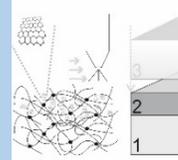


### Biomechanische und klinische Evaluation der Modelle

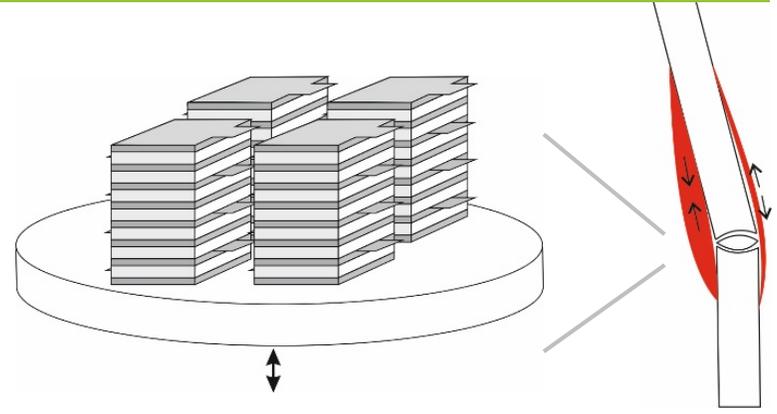
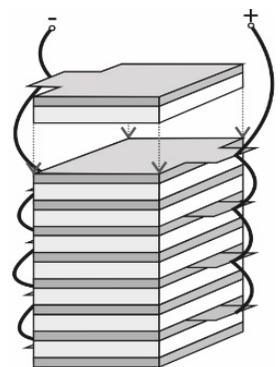
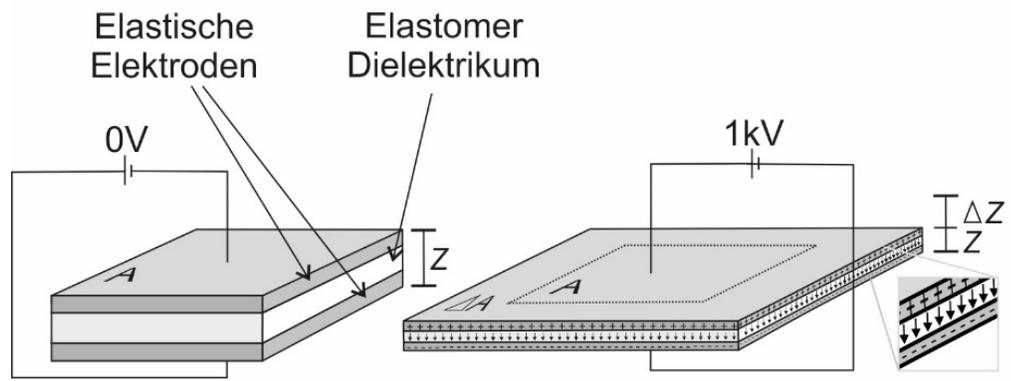


# Natürliche Muskeln wären auch für viele technische Anwendungen ein optimaler, nachgiebiger Aktor.

Dielektrische Elastomere	Forschungsschwerpunkte
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Können ressourcenspezifisch produziert werden</li> <li>■ Erlauben biomimetische Bewegungen und Bewegungsapparate</li> <li>■ Sind flexibel, leichtbauend und energieeffizient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Additive Fertigung von gestapelten Dielektrischen Elastomeren</li> <li>■ Leichtbauende Leistungselektronik</li> <li>■ Nutzung als Sensoren und Aktoren oder simultan als selbstfühlende Aktoren</li> <li>■ Steuerung mit Neuronalen Netzen</li> </ul>



## Gestapelte Dielektrische Elastomer-Aktoren (DEA) als energieeffiziente künstliche Muskeln



# Im Rahmen des Forschungsprojektes ERIK wird das robotergestützte Training von sozio-emotionalen Fähigkeiten bei Autismus Spektrums Störungen erforscht.

### Emotionserfassung



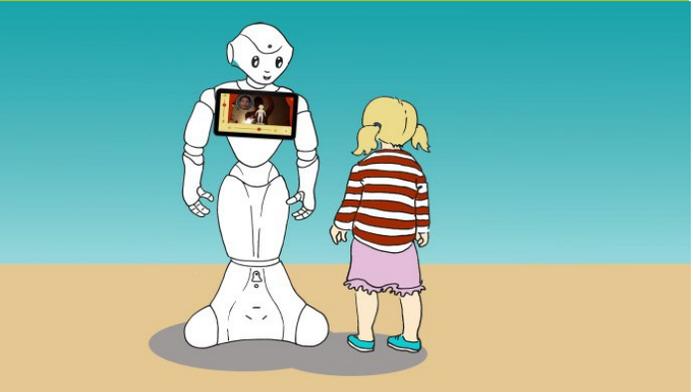
- **Optische Emotionserkennung**
  - Erfassung von Emotionen anhand des Gesichtsausdrucks
- **Akustische Emotionserkennung**
  - Erfassung von Emotionen anhand des Stimmbildes
- **Optische Pulserkennung**
  - Erfassung der Erregung anhand der Pulsfrequenz

### Mensch Roboter Interaktion



- **Triggern von Emotionen**
  - Gemeinsames Spiel auf dem Tablet
  - Darstellung von Triggerszenarien auf dem Tablet
- **Feedback**
  - Diskussion des gezeigten Emotionsausdrucks und Belohnung
- **Wizard-of-Oz Experiment**

### Training sozio-emotionaler Fähigkeiten



- **Interaktionsstrategien**
  - Interaktionsstrategien zum Empathie Training
  - Anpassung an die Fähigkeiten und Präferenzen der Kinder
- **Dokumentation**
  - Speicherung der Sensordaten
  - Speicherung des Interaktionsprotokolls

## Im Rahmen von Forschungsarbeiten zur Mensch-Roboter-Interaktion wird die Interaktion mit Personen auf sozialer Ebene untersucht.

### Roboter der nächsten Generation werden

- Als Partner mit dem Menschen koexistieren
- Menschen sowohl physisch als auch psychisch unterstützen
- Zukünftig zu einer sicheren und friedvollen Gesellschaft beitragen

➔ Besondere Rolle durch humanoides Aussehen

### Derzeitige Herausforderungen

- Spracherkennung
- Hoher Aufwand zur Nutzbarkeitmachung
- Implementierung flexiblen Verhaltens

### Potentielle Einsatzmöglichkeiten

- Teleoperation in der Produktion
- Soziale und körperliche Unterstützung älterer Menschen
- Unterstützung von Mitarbeitern im stationären Einzelhandel



# Durch die Entwicklung eines mechatronischen, intraurethralen Implantats soll die Lebensqualität von Harninkontinenz-Patienten verbessert werden.

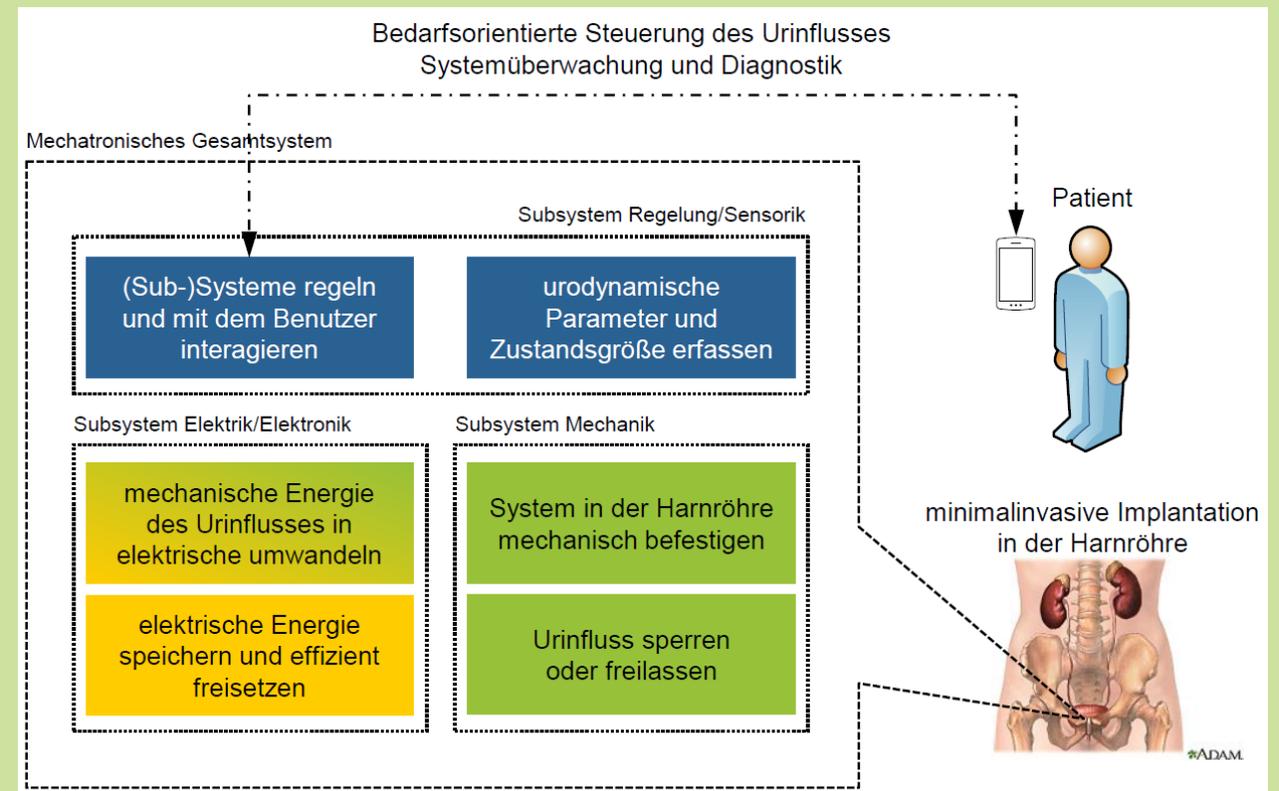
## Harninkontinenz als medizinisch-sozioökonomische Herausforderung

- 6 Mio. Patienten in Deutschland, davon 75% Frauen
- 40% Prävalenz in der Altersgruppe von 75 bis 80
- 614 Mio. Euro Umsatz mit aufsaugenden Inkontinenzprodukten

## Grenzen der gängigen operativen Therapieverfahren

- Erhöhtes Komplikationsrisiko und Infektionsgefahr
- Mangelnde Biokompatibilität (Harnröhrenerosion)
- Implantation überwiegend nur bei Männern möglich

## Bedarf eines neuen Therapiesystems



Verbesserung der Lebensqualität durch Wiederherstellung der Kontinenz

## Der Forschungsbereich unterstützt aktiv das Team der Logistics League des Erlangen Robotics e.V., die ER-Force.

### Der RoboCup:

- Jährlich stattfindender internationaler Robotikwettbewerb
- 4.000 menschliche Teilnehmer und 5.000 Roboter aus 35 Nationen
- 11 Ligen in 4 Kategorien

### Die Logistics League:

- Autonome Intralogistik mit der mobilen Roboterplattform Robotino
- Simulation eines flexiblen Materialflusses mit modularen Produktionsstationen und vielfältigen Produktvarianten

### Das Team:

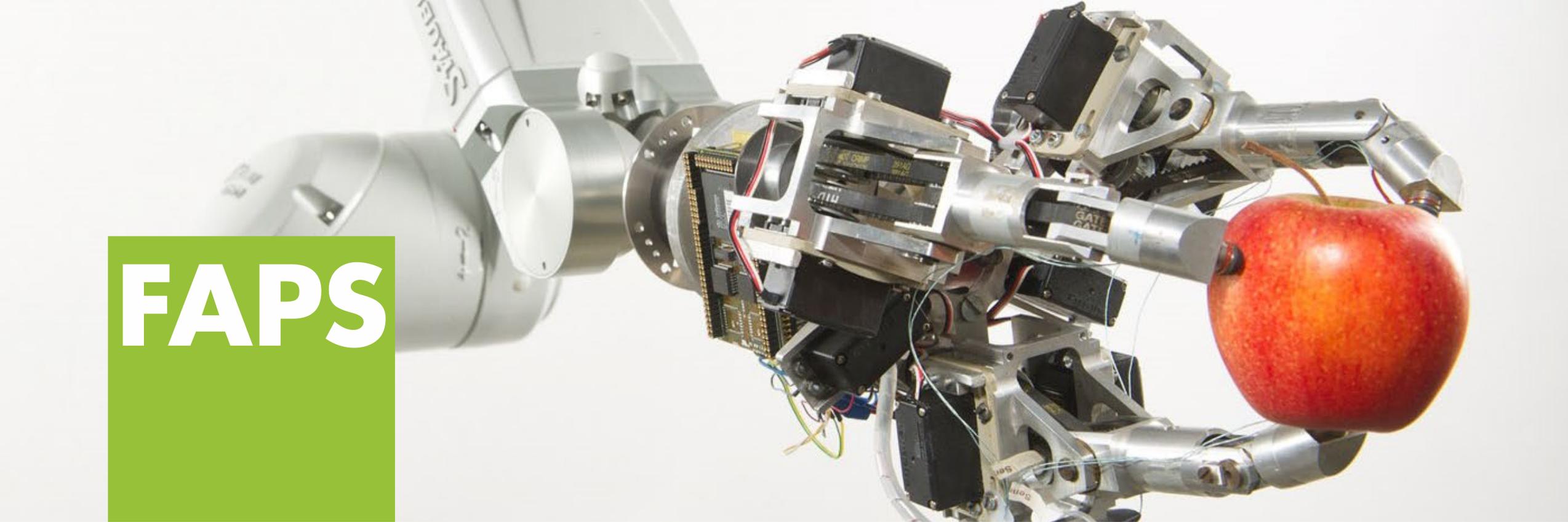
- 2 FAPS-WMA, 4 FAU-Studenten, 2 Robotino v3 Roboter
- >32.000 Zeilen Code, ~135 Teilprogramme

### Der Erfolg 2018:

- Technical Challenge: Weltmeister
- Gesamtwertung: 4. Platz

### Sponsoren willkommen!



A detailed photograph of a robotic hand, likely a Shadow Hand, holding a single red apple. The hand is made of silver metal and has various mechanical components, including gears, wires, and sensors. The apple is bright red with a small stem. The background is plain white.

# FAPS

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

**Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



# DANKE