

# NORMUNG ALS VORAUSSETZUNG FÜR INNOVATIVE SERVICEROBOTERANWENDUNGEN

Dipl.-Ing. Theo Jacobs, [theo.jacobs@ipa.fraunhofer.de](mailto:theo.jacobs@ipa.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA



---

# INHALT

---

- Serviceroboteranwendungen im gewerblichen und häuslichen Bereich
- Sicherheitstechnische Herausforderungen
- Sicherheitsnormung im Bereich der Servicerobotik
- Normung abseits der Sicherheit

# Roboter: Aus der Werkstatt ins Wohnzimmer

Industrieroboter

gewerbliche und häusliche Anwendungen

Humanoide



© Intuitive Surgical Inc., iRobot Inc., DeLaval, Festo, Friendly Robotics, Aldebaran, HONDA, KUKA, Fraunhofer IPA

# Haushaltsassistent Care-O-bot 3

- Produktvision eines mobilen Serviceroboters zur Unterstützung des Menschen im täglichen Leben
- Komponenten: omnidirektionaler Fahrantrieb, flexibler Leichtbauarm und Greifer, beweglicher Oberkörper, 3-D-Sensorik zur Echtzeit-Umgebungserfassung
- Fähigkeiten
  - Navigation in Alltagsumgebungen
  - Lernen, Detektieren und Greifen unterschiedlicher Haushaltsgegenstände
  - Interaktion mit dem Menschen und Übergabe von Gegenständen mit Hilfe eines Tabletts
- Einsatz als interaktiver Butler: Aufnehmen von Bestellungen und Verteilen von Getränkeflaschen



# Getränkeversorgung in einem Pflegeheim

- Projekt WiMi-Care: Einsatz von Servicerobotern zur Unterstützung von Pflegekräften bei ihrer Arbeit
- Einsatz von Care-O-bot 3 zur Getränkeversorgung
  - Zapfen von Wasser an einem Wasserspender
  - Anbieten und Überreichen der Getränke an die Senioren



# Effirob – Wirtschaftlichkeitsanalysen neuartiger Service Robotik-Anwendungen (2011)

- Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Identifizierung von Anwendungsszenarien für Serviceroboter, die:
  - bereits wirtschaftlich sind → Motivation von Industriekooperationen
  - nah an der Wirtschaftlichkeit sind → gezielte Förderung anwendungsnaher Forschung, um Wirtschaftlichkeit zu erreichen
  - noch nicht wirtschaftlich sind → Identifizierung von technologischen Hürden und Förderung von Grundlagenforschung, um diese zu überwinden
- Herangehensweise und Methodik
  - Diskussion existierenden und neuer Produktideen mit Herstellern und Anwendern in 7 Schlüsselmärkten und Anwendungsfeldern
  - Bestimmung von Bedarf, Nutzen, Profitabilität, Realisierbarkeit, etc.
  - Abschätzung ökonomischer Charakteristika (Life-Cycle-Costing, Skaleneffekte, etc.) für jedes Szenario

# Effirob – Anwendungsszenarien



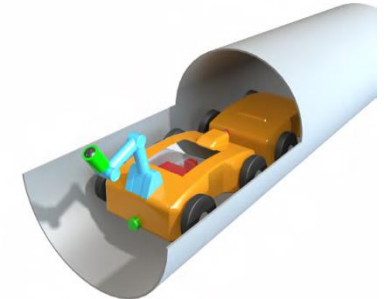
Bodenfrüchteernte



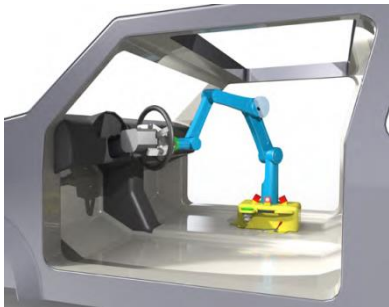
Milchviehwirtschaft



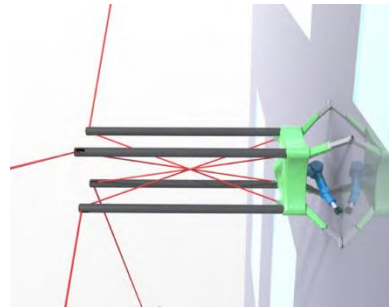
Außenanlagenwartung



Kanalinspektion



Produktionsassistenz



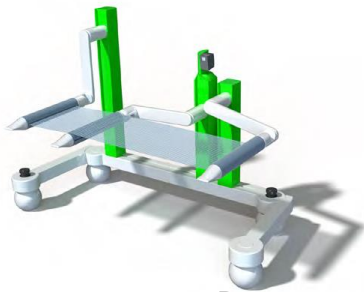
Fassadenreinigung



Bodenreinigung



Bereitstellung von  
Pflegetensilien



Bewegen von Personen



Containertransport im Krankenhaus



Innenausbauassistenz

# Effirob - Wirtschaftlichkeitsrechnung

Szenario	Geschätzte SW-Kosten/ Szenario [M€]	Wirtschaftlichkeit		Marktpotenzialabschätzung in SR p.a. für D	
		Basierend auf LCC	Relevanz qualitativer Faktoren	errechnetes Maximum	realistische Ausschöpfung
Außenanlagenwartung	1,5	(nein)	hoch	391	39
Bereitstellung von Pflegeutensilien	6,8	(nein)	hoch	5 - 10	2 - 5
Bewegen von Personen	5,0	nein	hoch	6	0
Bodenfrüchteernte	0,9	hoch	gering	36 - 84	36 - 84
Bodenreinigung	14,0	nein	gering	25 - 44	0
Containertransport im Krankenhaus	3,3	hoch	hoch	40 - 60	40 - 60
Fassadenreinigung	4,2	nein	keine	3	0
Innenausbauassistenz	4,3	hoch	hoch	5 - 6	5 - 6
Kanalinspektion	0,3	hoch	hoch	30 - 59	30 - 59
Milchviehwirtschaft	4,4	hoch	hoch	62	62
Produktionsassistenz	4,4	hoch	gering	903 - 1 344	903 - 1 344

# Sicherheitstechnische Herausforderungen

- Einsatz in Wohnungen, öffentlichen Gebäuden sowie im Outdoor-Bereich
  - Natürliche, vom Menschen frequentierte Umgebung
  - Dynamische Änderung von Hindernissen
  - Variable Untergrundbedingungen
- Benutzer sind neben gesunden Erwachsenen auch
  - Kinder und ältere Menschen
  - Menschen mit geistigen oder körperlichen Einschränkungen
  - Haus- und Nutztiere
- Nutzer können Gefahren teilweise nicht einschätzen
- Nutzer können nicht uneingeschränkt auf Gefahren reagieren und ihnen ausweichen



# Kollisionen und erlaubter Kontakt

- Bewegung mobiler Roboter unter Menschen erhöht die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen
- Je nach Anwendung und Robotertyp permanenter Kontakt zwischen Mensch und Roboter (z.B. Exoskelette, Personentransport)
- Ansätze zur Gewährleistung der Sicherheit
  - Inhärente Risikoreduktion durch Leichtbau, nachgiebige Strukturen, abgerundete Oberflächen und geringe Antriebsleistung
  - Berührungsdetektion durch Momentensensoren oder taktile Oberflächen
  - Berührungslose Überwachung eines dreidimensionalen Arbeitsraums mit mobilen Sensoren derzeit kaum sicher umsetzbar
    - Beschränktes Sichtfeld der Sensoren
    - Verdeckung durch bewegenden Manipulator



# Autonome Entscheidungen

- Potenzielle Gefährdung durch autonome Handlungen und autonom gefällte Entscheidungen, z.B.
  - Wahl von Ausweichstrategien aufgrund eigener Risikoeinschätzung
  - Identifizieren und Greifen von Objekten
  - Einschätzen von Situationen und Menschen
- Ansätze zur Gewährleistung der Sicherheit
  - Begrenzung der übertragenen „Verantwortung“
  - Erhöhung der Robustheit bei der Entscheidungsfindung
    - Steigerung der Zuverlässigkeit von Sensoren
    - Evaluierung der Konfidenz bei probabilistischen Entscheidungsverfahren

# Sicherheitsnormung für den Bereich Servicerobotik

- Serviceroboter müssen u.a. die Maschinenrichtlinie und die Niederspannungsrichtlinie erfüllen
- Lange Zeit keine speziellen Normen für (Service-)Roboter
- Allgemeine Normen (z.B. ISO 12100, IEC 60204-1) zielen auf große, fest installierte Industrieanlagen ab

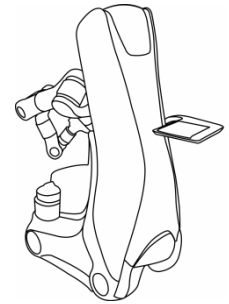
## Schaffung spezieller Normen für einzelne Robotertypen

- ISO TC 184/SC2 „Automation systems and integration - Robots and robotic devices“
  - Langjährige Normung für Industrieroboter, nach und nach Ausweitung auf nichtindustrielle Roboter
- IEC TC 116 „Safety of motor-operated electric tools“
  - Entwicklung von Sicherheitsstandards für „robotisierte“ Haushaltsgeräte, z.B. Rasenmäher

# ISO 13482 - Safety requirements for personal care robots

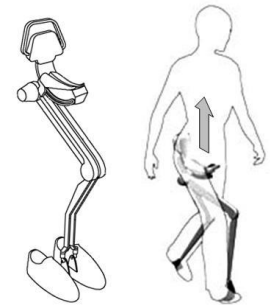
## ■ Definition eines Personal Care Robots gemäß ISO 13482:

*“service robot that performs actions contributing directly towards improvement in the quality of life of humans, excluding medical applications.”*



## ■ Besonderer Fokus auf drei typischen Anwendungen

- Mobile servant robot → Mobile Plattformen, ggf. mit Manipulator
- Person carrier robot → Vom kleinen Segway für eine Person bis hin zu Fahrzeugen mit geschlossener Karosserie für mehrere Personen
- Physical assistant robots → Exoskelette sowie autonome Gehhilfen und Aufstehhilfen



© ISO 13482

# ISO 13482 - Inhalt

- Unterstützung bei der Risikoanalyse und –bewertung
  - Maßnahmen zur Risikominderung für typische Gefährdungen, z.B.
    - Kollisionen
    - Stabilität / Standfestigkeit
    - Elektrische Gefährdungen
    - Fehlerhafte autonome Handlungen
  - Anforderungen an Steuerungssysteme in Hinblick auf
    - Zuverlässigkeit von Steuerungen (SIL / PL)
    - Sichere Personendetektion
    - Sichere Positions- und Geschwindigkeitssteuerung
  - Unterstützung bei der Validierung der erreichten Sicherheit
- 
- ➔ Erleichterung bei der Auslegung zukünftiger Personal Care Robots
  - ➔ Referenz für die sichere Gestaltung anderer Serviceroboter

# Normung abseits der Sicherheit

Kommunikation von Robotern untereinander?

Übertragen von Daten und Programmen auf einen anderen Roboter?

Begrifflichkeiten?  
Achsrichtungen?  
Koordinatensysteme?

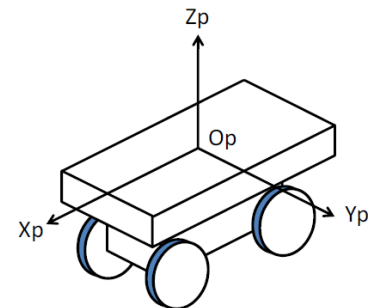
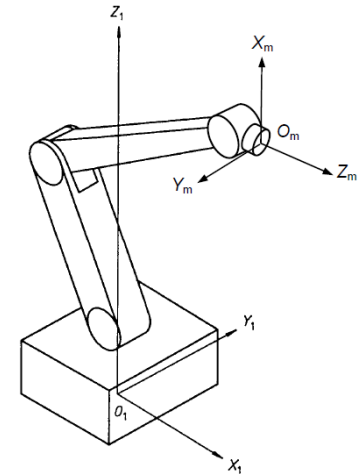
Verbinden mit einer übergeordneten Steuerung?

Austausch von Komponenten (HW/SW)?

Bewertung von Leistungsfähigkeit?

# Terminologie und Festlegung von Koordinatensystemen

- ISO TC184/SC2 WG1 „Vocabulary“: Vereinheitlichung der Terminologie insbesondere bei Sicherheitsstandards
- ISO 8373 – Robots and robotic devices – Vocabulary
  - Allgemeine Definitionen wie “Roboter” und “Autonomie”
  - Häufige Begriffe aus den Bereichen Software und Programmierung, Kinematik und Sensorik, etc.
- Aktuelle Normungsarbeit: Erstellung weitergehender Terminologien für einzelne Domänen der Robotik (Mobilität, Wahrnehmung, etc.)
- ISO 9787 – Robots and robotic devices – Coordinate systems and motion nomenclatures
  - Festlegung von Koordinatensystemen für Manipulatoren und mobile Plattformen



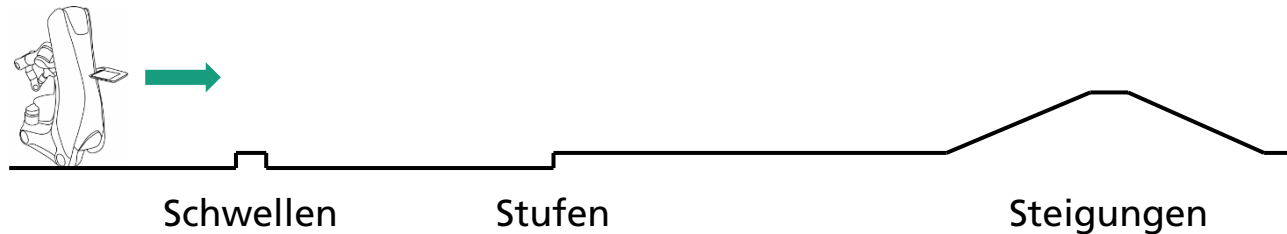
© ISO 9787

# Neues Normungsvorhaben „Modularity“

- Austauschbarkeit von Komponenten durch Definition mechanischer und elektrischer Schnittstellen sowie Softwareschnittstellen
- Vereinfachung der Integration verschiedener Roboterkomponenten in übergeordnete Systeme durch vereinheitlichte Softwareprotokolle
- Ziel: Standardisierung für den Industrie- und Serviceroboterbereich unter Einbindung aller Stakeholder
- Derzeit Antrag zur Schaffung einer neuen Arbeitsgruppe

# Entwicklung von „Performance criteria“

- Ziel: Schaffung einheitlicher Bewertungskriterien und Messverfahren für die Leistungsfähigkeit von Robotern
- Beispiel: Fähigkeit mobiler Roboter, Hindernisse zu überwinden



- ISO TC184/SC2: „Robots and robotic devices – Performance criteria and related test methods for service robot – Part 1 Locomotion for wheeled robot“
- IEC TC59: „Performance evaluation method of intelligent mobile robot platform for household and similar applications“

# Fazit

- Serviceroboter werden in Zukunft in vielen Bereichen des Lebens Einzug halten
  - Viele Anwendungen bereits heute wirtschaftlich umsetzbar
  - Transfer von Forschungs-Know-How in die industrielle Produktentwicklung
- Grundvoraussetzung: Sichere Gestaltung auf Basis von Sicherheitsstandards
  - Standardisierungsgremien bei ISO und IEC
  - Erste Standards veröffentlicht, weitere werden folgen
- In Zukunft weitere Normen notwendig, um die Entwicklung und Verbreitung innovativer Roboteranwendungen zu unterstützen
  - Vereinheitlichte Terminologie
  - Standardisierte Schnittstellen für Mechanik, Elektrik und Software
  - Einheitliche Messung von Leistungsfähigkeit