Forum Digitalisierung und Arbeitswelt

Mobile Assistenzrobotik für die Rehabilitation – Stand, Perspektiven und Chancen – an Beispielen

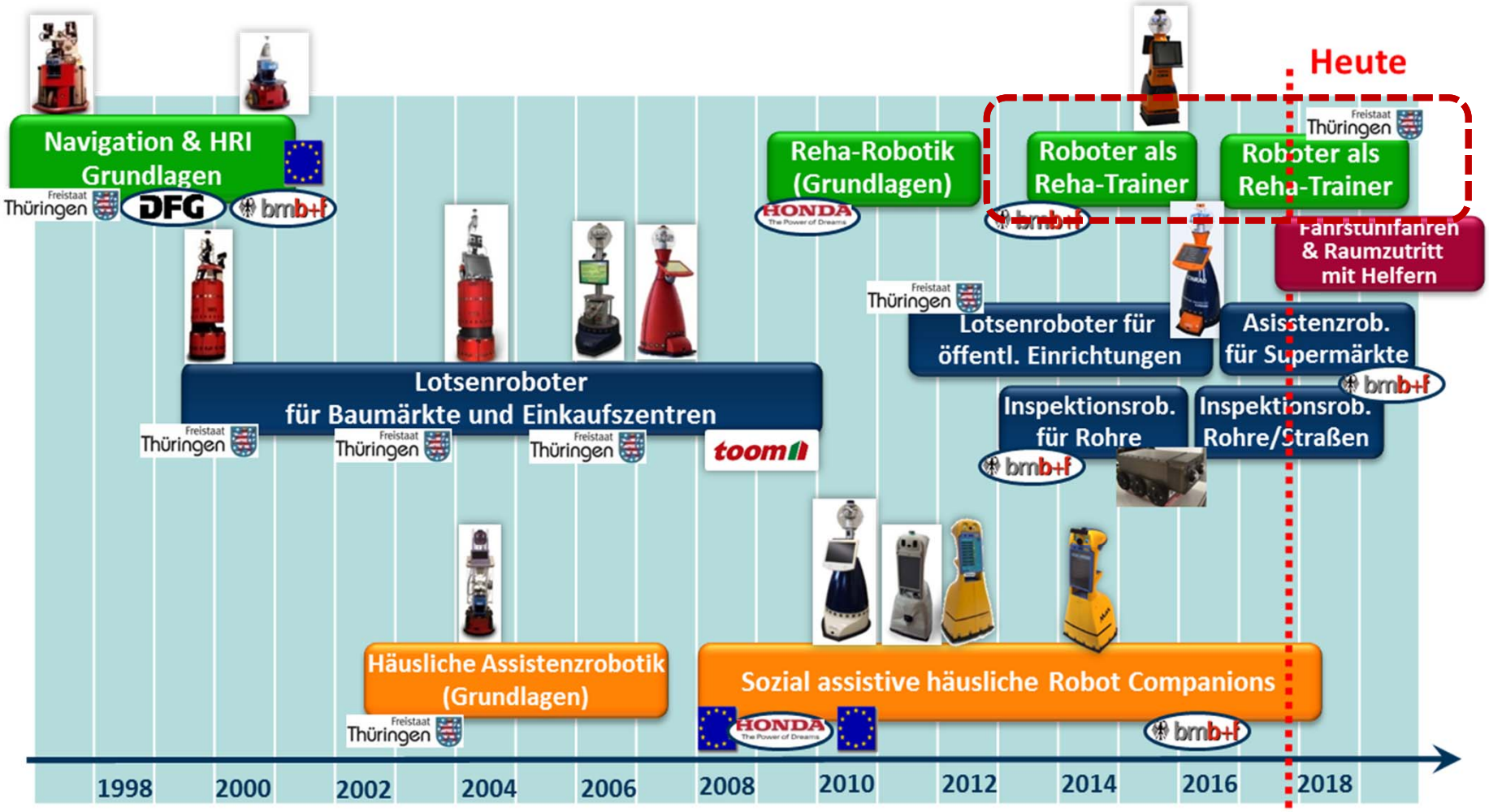
Horst-Michael Groß

Technische Universität Ilmenau (TUIL)

Fachgebiet für Neuroinformatik und Kognitive Robotik

Horst-Michael.Gross@tu-ilmenau.de
www.tu-ilmenau.de/neurob

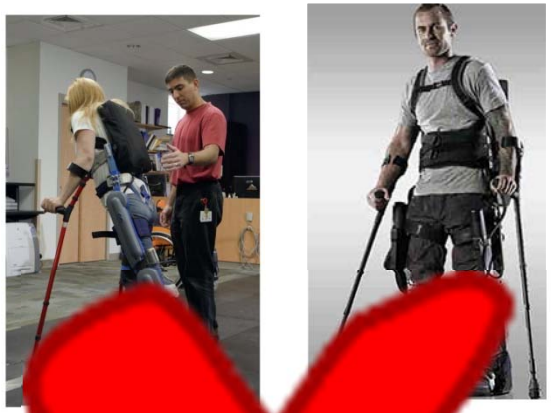
Zur eigenen fachlichen Einordnung



Robotik in der Rehabilitation

1. Aktive Geh- und Mobilitätshilfen

Lokomat (Hocoma)



Re- (Ekso Bionics)

2. Servicerobotik für Pflegeinrichtungen

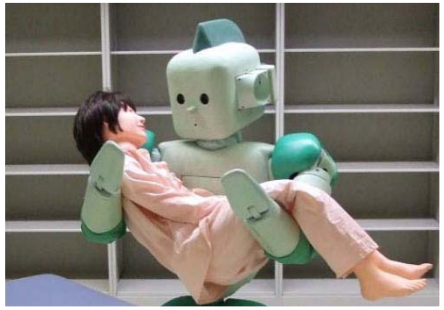
Pflegewagen CASERO (FhG IPA)

3. Intelligente Rollstühle

FRIEND (Uni Bremen)

iWheelchair (Toyota)

4. Aufsteh- und Umbetthilfen



Heutiger Fokus: Assistenzrobotik

- Teilgebiet der Robotik, das ausschließlich der **Verrichtung von Leistungen für den Menschen** und **mit dem Menschen** dient,
- wobei es vor allem um die **Unterstützung, Übertragung, Anpassung und Verstärkung menschlicher Fähigkeiten** geht
- trägt wesentlich zur Erhöhung des Automatisierungsgrades in der **menschbezogenen Produktion** oder im **Dienstleistungsbereich** bei.

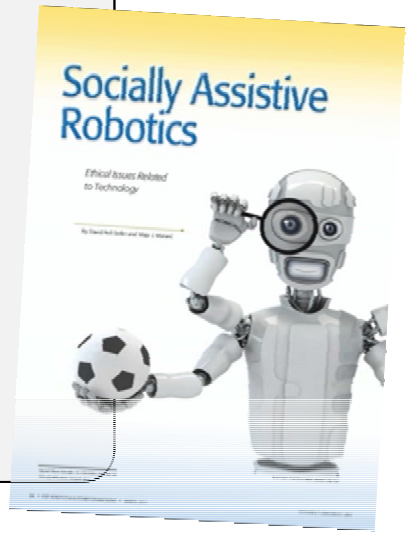
Shoppinglotse TOOMAS
(MetraLabs + TUIL, 2007)

CompanionAble
(MetraLabs + TUIL 2011)

Care-O-bot 4
(FhG IPA 2015)

Und ganz konkret: Soziale Assistenzrobotik

- bietet **Assistenz** durch **soziale, nicht aber physische Interaktion** mit Robotern
- nutzt **berührungsloses Feedback**, **Coaching** und **Ermutigung**, um einen Nutzer bei der Durchführung einer Aufgabe zu motivieren und anzuleiten
- kann den **Nutzer beobachten** und liefert eine der **Situation entsprechende Rückmeldung**.



Nao
(Aldebaran 2008)

Giraff
(Giraff 2010)

Pepper
(Softbank 2013)

Max/Tweety
(TUIL+ML 2013)

ROREAS
(ML+TUIL 2015)

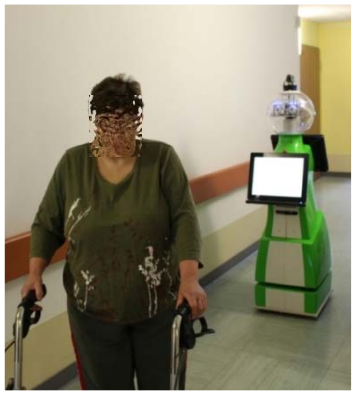
Care-O-bot 4
(FhG IPA 2015)

Soziale Assistenzrobotik in der Rehabilitation

ROREAS-Projekt

Robotischer Reha-Assistent zum Lauftraining von Schlaganfallpatienten

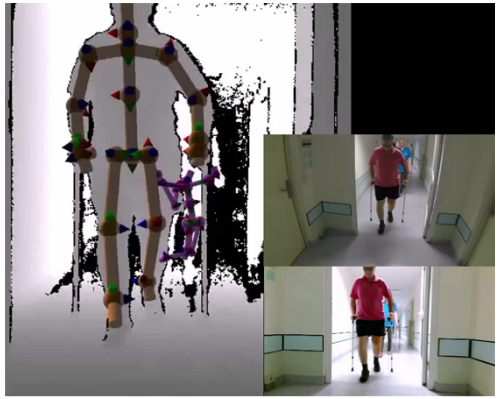
- 2013-2016
- Trainingsroboter für **Lauf- und Orientierungsübungen** als persönlicher Begleiter für **Motivation, Sicherheit & Dokumentation**



ROGER-Projekt

Roboterassistiertes Gangtraining in der orthopädischen Rehabilitation

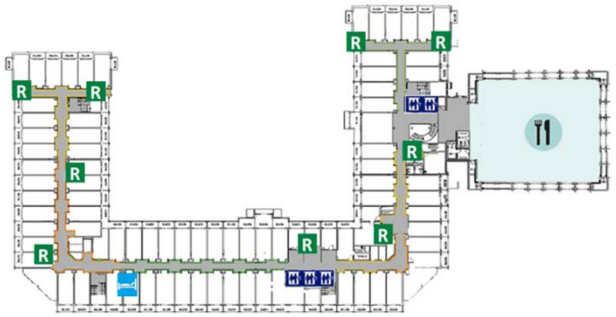
- 2016-2019
- Trainingsroboter für Gangübungen nach **orthopädischen Operationen an Hüfte/Knie** mit der Fähigkeit zur **aktiven Korrektur von Gangfehlern**



Das BMBF – Projekt ROREAS (2013-2016)
Ein Robotischer Reha-Assistent

Ziele des Projektes:

- Begleitung von **stationären Schlaganfallpatienten** bei **Laufübungen** zum Eigentraining ihrer **Mobilität** und ihres **Orientierungsvermögens**
- **Abbau von Hinderungsgründen**, z.B. Ängste vor Selbstüberforderung *„Komme ich sicher wieder zurück?“ „Schaffe ich das?“*
- Stärkung des **Selbstvertrauens & Intensivierung des Eigentrainings**



Typischer Trainingsablauf

Teilab-schnitte	Beschreibung (aus technischer Sicht)
TA 1	**Fahrt zum Patientenzimmer** auf eine **Warteposition** vor dem Patientenzimmer, Anruf und **Warten auf Kontaktaufnahme** durch den Patienten
TA 2	**Kontaktaufnahme des Patienten** mit Roboter durch **Hinsetzen auf Startposition** (Stuhl vor Zimmer)
TA 3	**Heranfahren** des Roboters an den Patienten zur **Initiierung der Interaktion**
TA 4	Dialog zwischen Roboter und Patient und **Auswahl des Trainingsprogramms**, **Lernen des aktuellen Nutzermodells** nach Aufstehen
TA 5	**Begleiten des Patienten (Folgen)** bis zur **erneuten Kontaktaufnahme** durch den Patienten durch Hinsetzen (an Ruhepunkten oder am Ziel)
TA 6	**Interaktion mit dem Patienten** an den Ruhepunkten und am Ziel getriggert durch „Sitzend“-Erkennung
TA 7	**Auswertung der Trainingsergebnisse** und **Abschlussdialog vor dem Zimmer** des Patienten

Notwendige Basisleistungen eines mobilen Roboter-Trainers

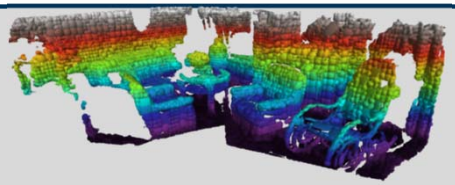
Trainingsapplikationen

- **Lauftraining**
- Orientierungs-training
- Erkundungs-training
- Fahrstuhl-training

Nutzerzentrierte Navigationsverhalten

- Approach User
- Follow User
- Guide User
- Drive to Goal
- Wait aside & Give way

HRI & Navigation Skills



- Person Detection
- Person Tracking
- Sitting down Detection
- ...
- Self-Localization
- 3D Obstacle Avoidance
- User Model Learning
- Person Re-Identification
- Deadlock Recognition
- ...
- Path Planning
- Search for Waiting Position

Lauftrainingsroboter ROREAS

360° Panorama HD-Farbkamera

Ansteuerbare Augen (6 DoF)

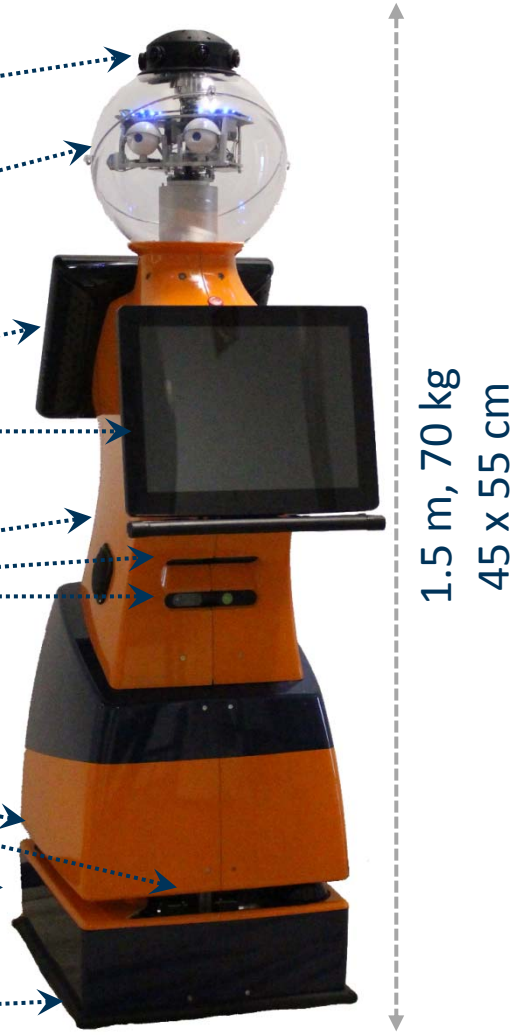
Touchdisplays mit GUIs und Lautsprechern

3 Asus-Tiefenkameras (RGB-D)

zwei 270° SICK-Laserscanner

Differentialantrieb mit Kastorrad

Bumper



Sensorik

Aktuatorik

Herausforderungen der Klinikumgebung an einen mobilen Roboter

m&i Fachklinik Bad Liebenstein

- **8 Ebenen** mit ca. 400 Betten
- **Lange** und teilweise **enge Klinikgänge** (ca. 170 m)
- Einsatzumgebung **dynamisch & sehr bevölkert**
- Personal, Besucher und Patienten auch mit **Rollstühlen oder Laufhilfsmitteln** unterwegs
- Engstellen durch **Stations- und Reinigungswagen,** geöffnete Türen ➔ **Verklemmungssituationen**
- **Stark variierende Lichtverhältnisse**

Hohe Anforderungen an **autonome, mobile** und mit Menschen **interagierende Assistenzroboter**

ROREAS im Klinikeinsatz

Dreistufige Teststrategie

- **Stufe 1:** Testen aller Basisleistungen durch **Mitarbeiter unseres Labs vor Ort in der Klinik** **Autonomous Robots 2017**

- **Stufe 2:** Testen der Gesamtfunktionalität mit **Patienten-Doubles** (Projektfremde gleicher Altersgruppe), die **Laufverhalten** von Patienten **imitierten** (vor Nutzertest)

- **Stufe 3:** Nutzertests mit **30 freiwilligen Schlaganfall-Patienten** (mit Freigabe zum Eigentraining durch Arzt)
  - Zeitraum **4/2015 bis 3/2016**
  - **6 jeweils zweitägige Nutzertests**
  - Auswahl von Trainingsstrecken **unterschiedlicher Länge** **ICSR 2016** **ICRA 2017**

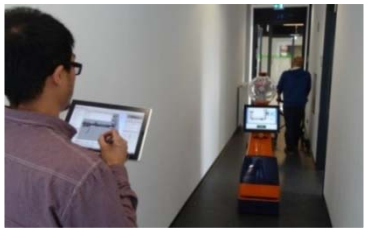
Alter	Weibl.	Männl.	Ges.
< 60 J.	4	7	11
60-74 J.	6	5	11
> 74 J.	5	3	8
Ges.	**15**	**15**	**30**

Sozialwissenschaftliche Fragestellungen

- **Motivation:**
  - Kann ROREAS den Patienten zum selbständigen Training motivieren?
  - Gehen Patienten weiter und länger als bisher /als alleine?
- **Grenzen des Robotertrainings auf dem Flur:**
  - Zumutbarkeit für Mitpatienten und Personal?
  - Beschränkung auf bestimmte Klinikbereiche und Tageszeiten?
- **Wirksamkeit:**
  - Fragestellung erfordert andere Methodik (klinische Wirksamkeitsstudie), d.h. Nachfolgeprojekte

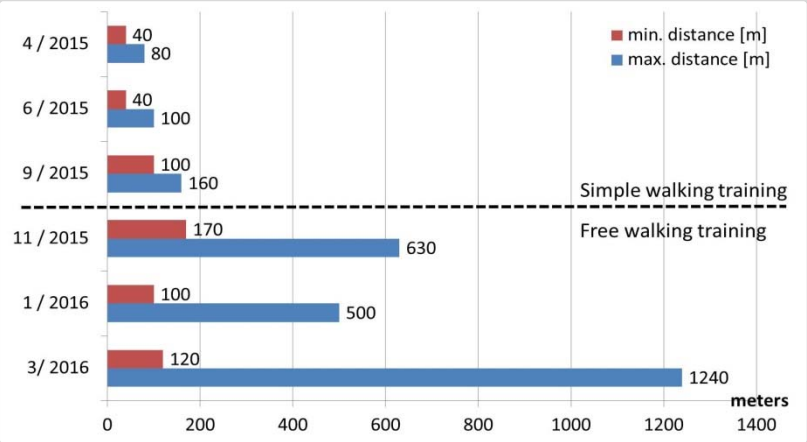
Quelle: SIBIS Institut Berlin

Ergebnisse der Nutzertests



- **71 Trainingseinheiten**, Roboter fuhr dabei mehr als **15.000 m mit Patienten**
- Die meisten Basisleistungen funktionierten **autonom ohne notwendige Korrektureingriffe.**
- **Probleme:** bei Wiedererkennung, Sitzenderkennung und Anfahrt des Patienten → **Fernkorrekturen**

- **Laufstrecke** der Patienten wurde **kontinuierlich vergrößert**.
- Patienten erkundeten zunehmend **unbekannte Bereiche der Klinik**.
- **60% aller Patienten** und **¾ der ältesten Gruppe (>74)** bevorzugten roboterassistiertes Training.



Hinweise auf Akzeptanz & Motivationssteigerung

ID 19: „Ich bin noch nie so weit gegangen alleine.“

ID 20: „War schön, dass jmd. mitkommt, das spornt einen doch an.“

ID 21: *„Hier [am Ende des Ganges] war ich noch nie — alleine bin ich noch nie soweit gegangen.“*

ID 22: Die begeisterte Frau des Patienten: „Unglaublich wie ihn das motiviert hat! Er ist aber auch einfach ein Kämpfer!“

ID 23: „So weit bin ich alleine noch nie gegangen.“

ID 24: *„Schon am 1. Tag war ich so weit weg wie noch nie“, „Am 2.Tag noch etwas weiter - das hatte ich mir so vorgenommen.“*

ID 25: „Die Leistungskontrolle ist sehr wichtig, das feuert mich richtig an.“

ID 27: „Ich bin weiter gegangen als sonst, keine Frage.“

ID 28: „Hier [am Ende des Flurs] war ich noch nie!“

ID 29: *„Natürlich hat mich der Roboter motiviert, weiter zu gehen als sonst. Da will man es sich doch beweisen.“*

ROREAS – Wertung und Ausblick

- Aus technischer & sozialwissenschaftlicher Sicht **ein voller Erfolg**
- **Neuland im Bereich Reha-Robotik** beschritten, international bislang nichts Vergleichbares
- Großes **Interesse seitens potentieller Anwender** (Reha-Kliniken, ambulante Reha, Medizintechnik-Vertrieb) und der Medien
- **Funktionsfähiger Demonstrator**, der in einem Anschlussprojekt zu einem **kliniktauglichen Prototypen** weiterentwickelt werden muss
- **Therapiestudie zur Wirksamkeit des roboter-assistierten Eigentrainings** noch ausstehend

Voraussetzungen für den Einsatz von Reha-Robotern in der klinischen Praxis

- Nachweis des **therapeutischen Nutzens** des **roboterassistierten Eigentrainings** durch eine **Wirksamkeitsstudie**
- **Praxis- und Alltagstauglichkeit** des Reha-Assistenten
- Kosten für **Anschaffung und Betrieb**; Finanzierungsmodelle
- **Abrechenbarkeit der Trainingseinheiten** mit Kostenträgern
- Sicherheitsaspekte, Datenschutz und **Haftungsfragen**
- **Nutzbarkeit und Akzeptanz durch Patienten und Personal**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit