VORTRAGSREIHE 2:
SERVICEROBOTER ZUR UNTERSTÜTZUNG DER PFLEGEKRÄFTE ENTWICKELN

Dr. Birgit Graf, Fraunhofer IPA, birgit.graf@ipa.fraunhofer.de
Abschlusstagung „Robotik für den Menschen“, Stuttgart, 25. September 2018

SeRoDi
Servicerobotik in der Pflege

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

SeRoDi
Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT
Fraunhofer IPA
Universität Stuttgart ISW
UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456
APH MANNHEIM Altenpflegeheime
UMM UNIVERSITÄTSMEDIZIN MANNHEIM

An diesem Vortrag beteiligte Partner und Arbeitsschwerpunkte

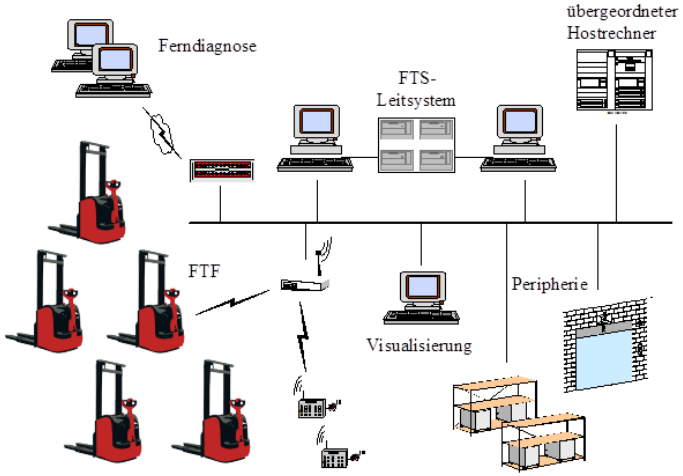
- Fraunhofer IPA:
  - Entwicklung eines ersten Pflegewagen-Demonstrator auf Basis der mobilen Plattform von Care-O-bot 4 sowie Aufbau einer Care-O-bot 4-Plattform mit Aktorik zum Türen öffnen
  - Entwicklung von Verfahren für die Objekt- und Personenerkennung, Entwicklung von Verfahren für die mobile Manipulation, insbesondere zum Türen öffnen
- Universität Stuttgart, ISW:
  - Entwicklung des Designkonzepts von Pflegewagen und Service- bzw. Pflegeassistent
  - Aufbau des Service- bzw. Pflegeassistenten
- MLR System GmbH (im Auftrag des ISW):
  - Aufbau von 3 Pflegewagen-Fahrzeugen (2 für Altenpflege / 1 für Klinik) mit innovativem Antriebs- und Sensorkonzept (3D-Sensorik für den Einsatz im öffentlichen Raum)
  - Anpassung der vorhandenen Navigationssoftware für den Einsatz im öffentlichen Raum, Aufbau Infrastruktur und Inbetriebnahme in den Einrichtungen, Betreuung der Praxistests

INTELLIGENTER PFLEGEWAGEN: AUTONOME NAVIGATION UND DIGITALE DOKUMENTATION DER WARENBEWEGUNGEN IM WAGEN

Stand der Technik

Bereits heute, vornehmlich in Krankenhäusern eingesetzte, Technik

- AWT (Automatischer Warentransport)-Systeme, teilweise mit fahrerlosen Transport-fahrzeugen (FTS), bisher nur im Einsatz in Großkrankenhäusern mit mehr als 600 Betten
- Fahren typischerweise außerhalb der von Bewohnern oder Patienten frequentierten Bereiche, nutzen Aufzüge, elektrische Türen etc.
- Transportieren große Container mit Wäsche, Essen oder Pflegematerialien, die vor Ort vom Pflegepersonal ausgeladen und auf Zwischenlager verteilt werden müssen



Szenario „Intelligenter Pflegewagen“

Probleme handelsüblicher Pflegewagen

- Oft unzureichend bestückt, auf dem Pflegewagen fehlende Gegenstände müssen separat geholt werden ➔ Zeitverlust
- Häufige Unterbrechungen der geplanten regelmäßigen Tätigkeiten, z.B. durch Notfälle ➔ weiteres Zeitproblem, teilweise sind für den Notfall benötigte Pflegeutensilien nicht auf dem Wagen verfügbar oder Wagen wurde nicht mitgenommen

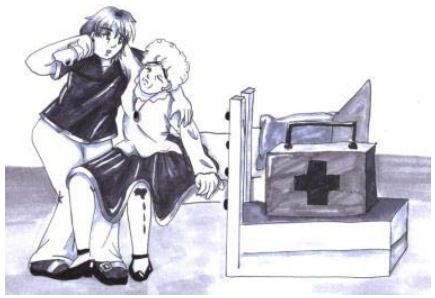
- Hygienevorgaben / -maßnahmen werden als lästig empfunden: regelmäßiges Desinfizieren des Wagens, der Hände nach Entnahme aus dem Wagen etc.
- Dokumentation (Pflegetätigkeit und während der Pflegetätigkeit aus dem Pflegewagen entnommene Pflegeutensilien) werden als lästig empfunden, wird ggf. vernachlässigt, damit oft auch kein ausreichendes Nachfüllen

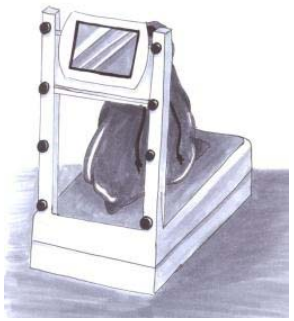
Vorarbeiten im Projekt „WiMi-Care“

Umgesetzte Szenarien auf dem FTS CASERO 3 von MLR

- Transport von z.B. Wäsche, Post, Essen, …
- Problematisch: Fahrzeug zu groß, Containerauslegung nicht optimal

➔ Ziel in SeRoDi: kompakte Plattform, Behälter für Material mit mobiler Plattform integriert





„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

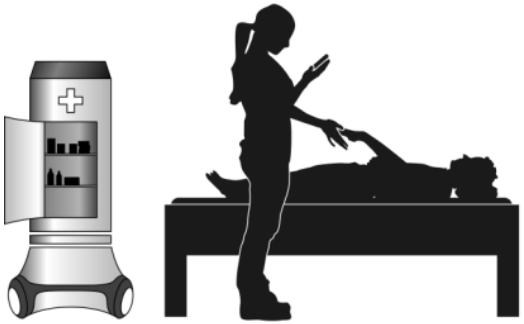
Schließt die Lücke zwischen automatischem Warentransport und Pflegeleistung

- Pflegeutensilien sollen nicht nur vor oder im Lager bereitgestellt werden, sondern durch autonome Navigation / Transport möglichst nah am zu behandelnden Patienten / Bewohner
- Pflegeutensilien sollen zu jeder Zeit in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden, mindestens aber werden die Pflegekräfte frühzeitig über zur Neige gehende Artikel informiert
- Der gesamte Prozess zur Befüllung des Pflegewagens soll digital erfasst werden und wird somit berechenbar und unterstützt den Nachbestellprozess
- Ein planbarer Befüllungsprozess entkoppelt Pflegeleistung und hauswirtschaftliche Arbeit, die dann nicht durch qualifiziertes Pflegepersonal ausgeführt werden muss

➔ Zeitersparnis, Einsparung von Lagerräumen, Hilfe bei Dokumentation, siehe https://www.youtube.com/watch?v=echGDZooWXY&index=59

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi
Messedemonstrator auf Basis von Care-O-bot 4

- Funktionalität / Szenario: Interaktion mit simulierter Rufanlage, Navigation zum Zimmer, Dokumentation des Verbrauchs am Touchscreen
- Erfolgreich präsentiert auf der Altenpflege-Messe in Nürnberg, AAL Kongress in Frankfurt, Symposium »Arbeit in der digitalisierten Welt« in Berlin



„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Produktnahe Variante für autonomes Fahren und digitale Verbrauchsdokumentation

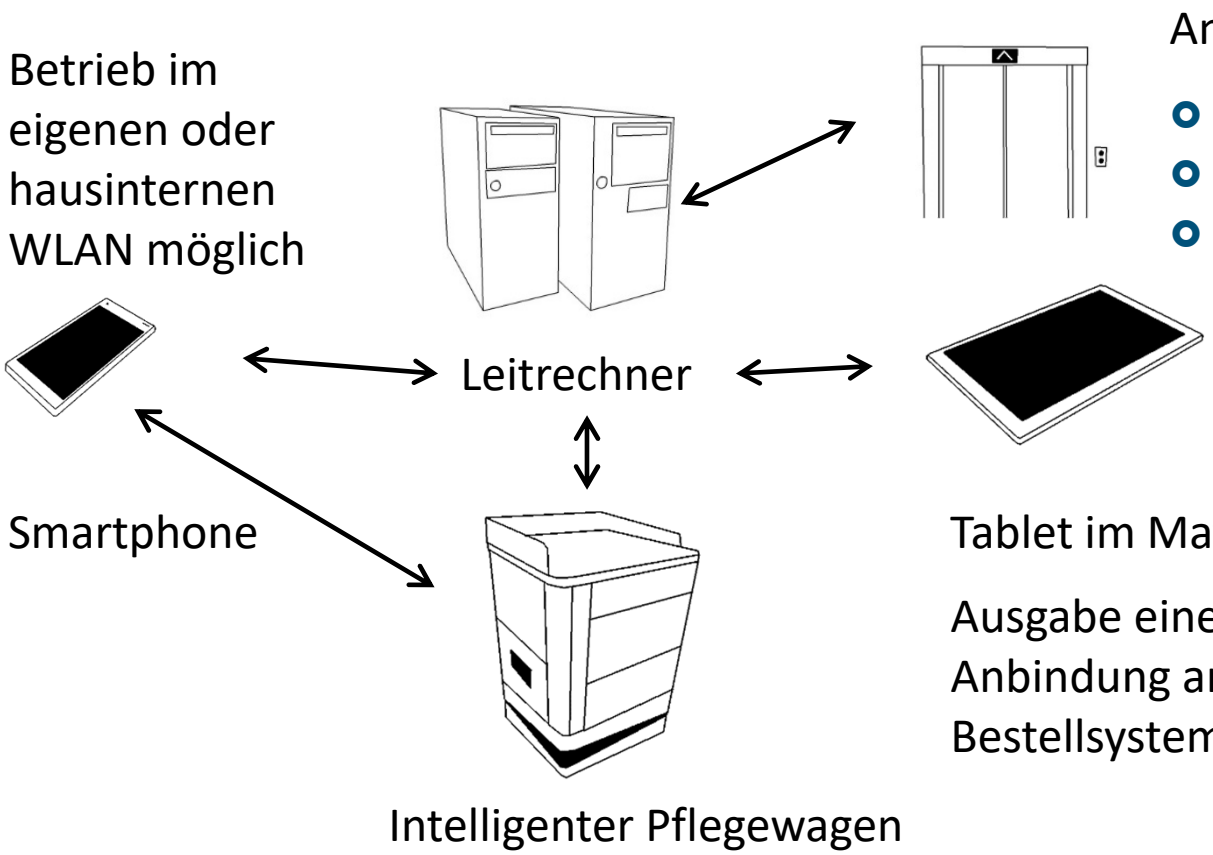
„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Aufbauvarianten

- Für die Altenpflege-Einrichtungen:
  Wäschewagen mit
  1 kleinen und
  2 großen Schubladen
- Für die Klinik:
  Verbandswagen mit
  5 kleinen Schubladen

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Systemkonzept für den Einsatz in einem Pflegeheim/Krankenhaus



Ansteuerung von:

- Aufzügen
- Feuerschutztüren
- Durchgangstüren

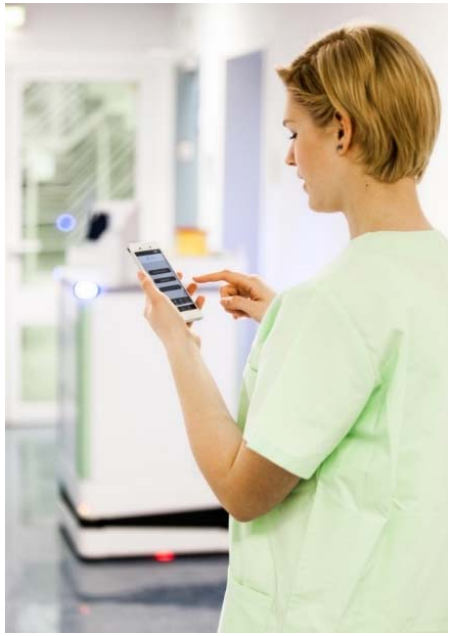
Tablet im Materiallager

Ausgabe einer Materialliste. Anbindung an hauseigene Bestellsysteme möglich

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Steuerung per Smartphone

- Rufen und Schicken des intelligenten Pflegewagens zu vordefinierten Zielpunkten (Bewohnerzimmer, Ladestation, Lager)
- Abfragen des aktuellen Status des Pflegewagens (z.B. Restfahrzeit, Akkukapazität)
- Automatisches Verriegeln und Entsperren der Schubladen des Wagens durch Annäherung mittels Bluetooth
- Zusatzfunktion als Ferndiagnosetool durch im Smartphone integrierte Kamera und Licht



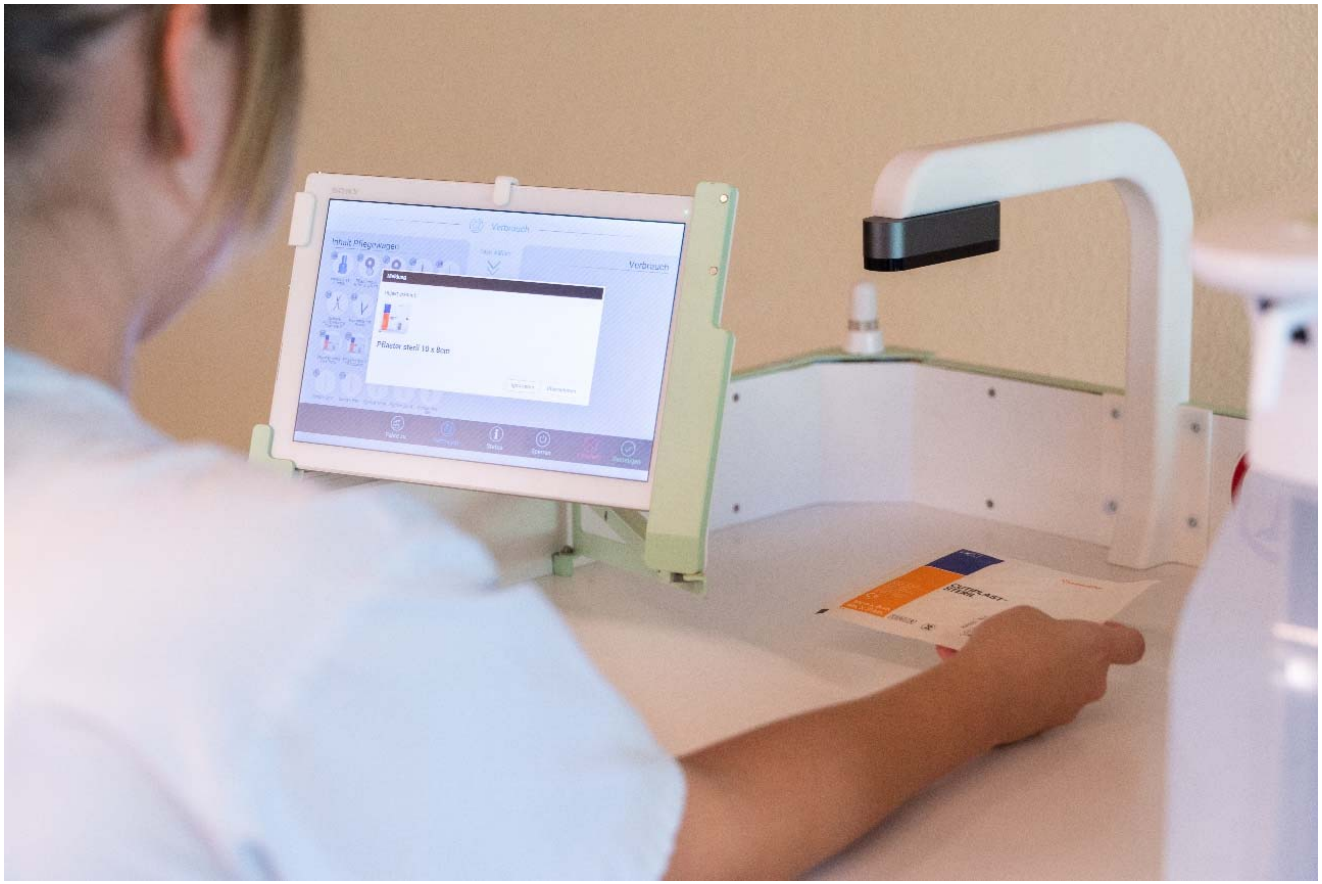
„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi
Materialentnahme und Verbrauchsdokumentation

- Beim Öffnen einer Schublade öffnet sich automatisch die Verbrauchsdokumentation. Gleichzeitig wird der aktuelle Ladezustand des Wagens angezeigt.
- Der Verbrauch kann während der Entnahme oder aber später, z.B. nach Abschluss der Patientenbehandlung dokumentiert werden und wird zentral gespeichert.
- Gehen Artikel zur Neige kann der intelligente Pflegewagen zum Auffüllen geschickt werden

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

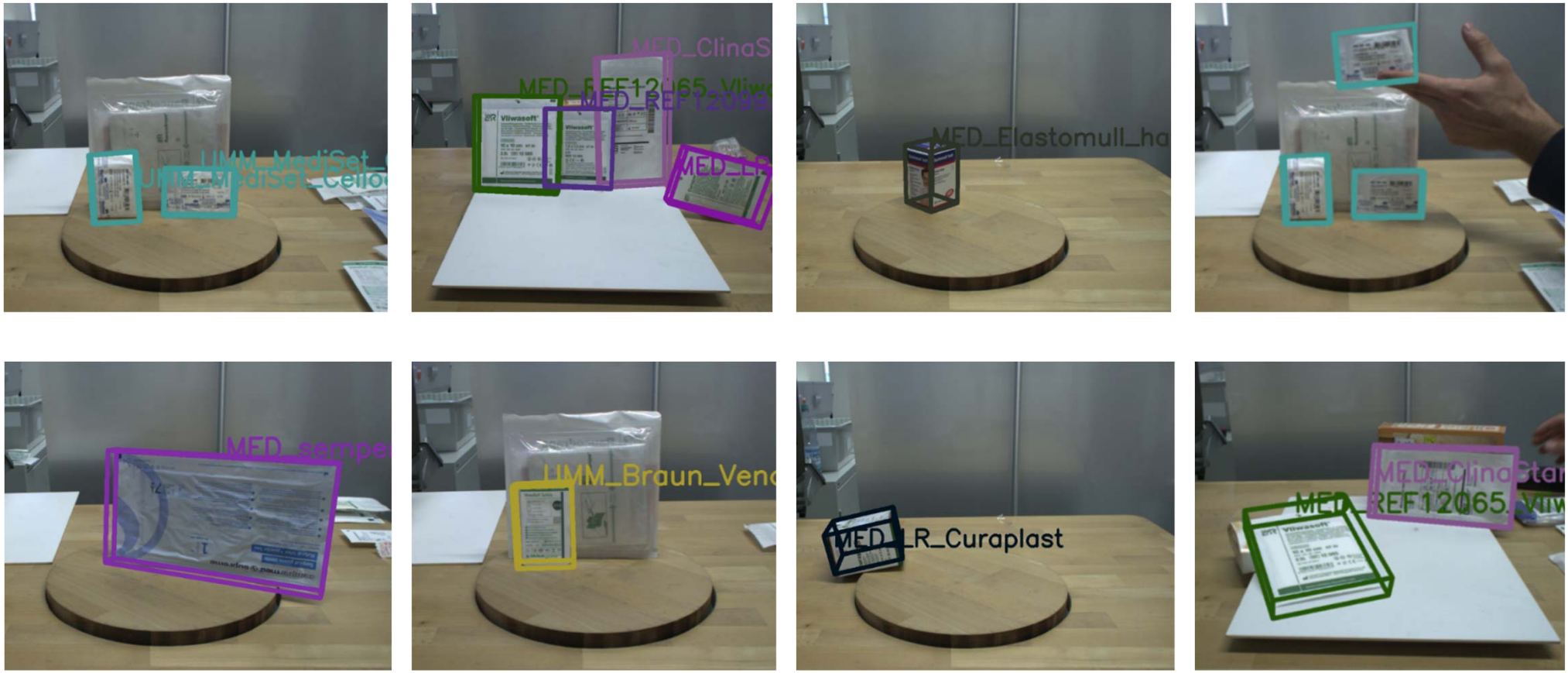
Objekterkennung für einfache Registrierung der entnommenen Waren

- Einsatz eines 3D-Sensors, unter den die heraus-genommenen Pflege-utensilien gehalten werden
- Erkennung des Objekts (6D-Lokalisierung) durch Abgleich mit vordefinierten Objektmodellen
- Tolerant gegenüber Verdeckungen
- Schnelle Berechnung (1 Bild pro Sekunde mit 30 Objektmodellen)



„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Objekterkennung für einfache Registrierung der entnommenen Waren

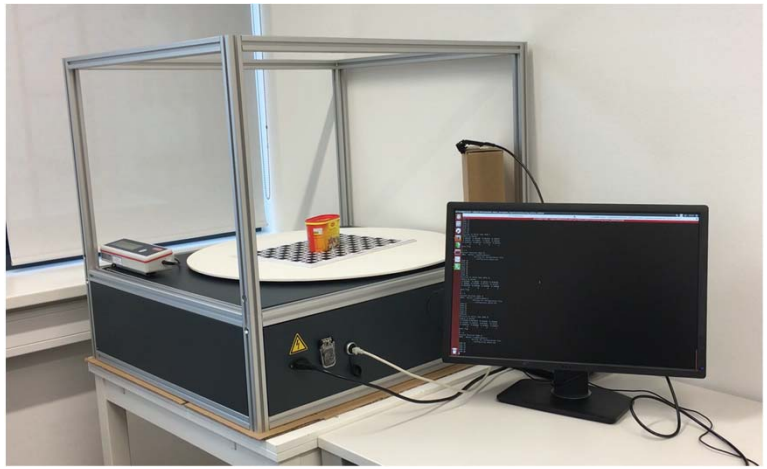


„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Produktnahe Einlernstation für Objektmodelle

KAPTURA
Improving Your Efficiency

- 3D-Scanner für Objekte liefert
  - Stammdaten für ERP- und WM-Systeme
  - 3D-Modelle / Produktbilder
  - Objekterkennungsmodelle
- Objektgröße bis ca. 60cm x 60cm
- Unabhängig von der Objekttextur
- Modulares Multisensorkonzept
- Zeiteffiziente Aufnahme (<1min)
  (Rotation + Unterseite)
- Serienprodukt mit CE-Kennzeichnung



„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

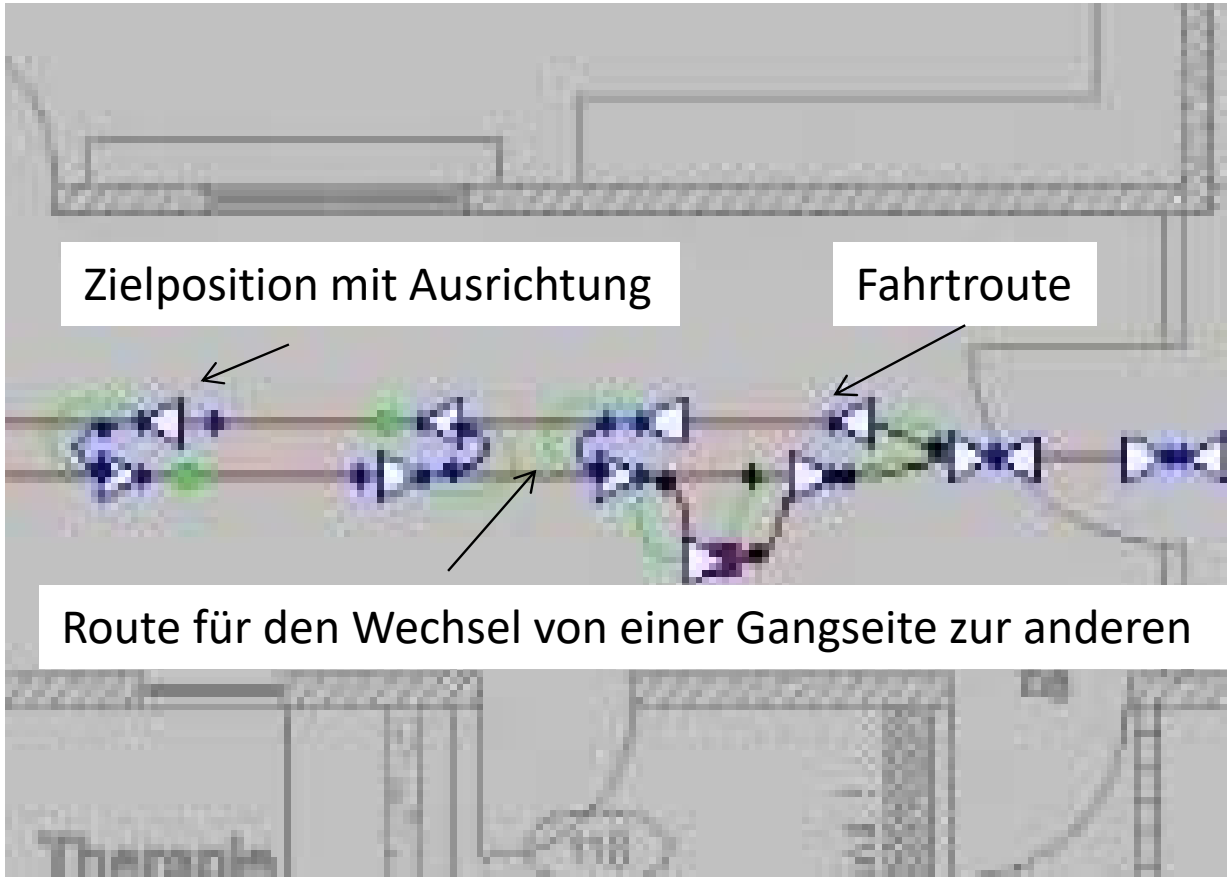
Modulkörbe für das einfache Nachfüllen verbrauchter Pflegematerialien

- Verwendung von Modulkörben nach ISO Standard (wie sie in den Einrichtungen bereits eingesetzt werden), können bereits im Zentrallager der Einrichtung bepackt werden
- Einfacher Wechsel der Modulkörbe durch das Personal über die Seite des Pflegewagens
- Jeder Modulkorb ist mit einem einmaligen RFID-Tag ausgestattet, so eindeutig identifizierbar

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

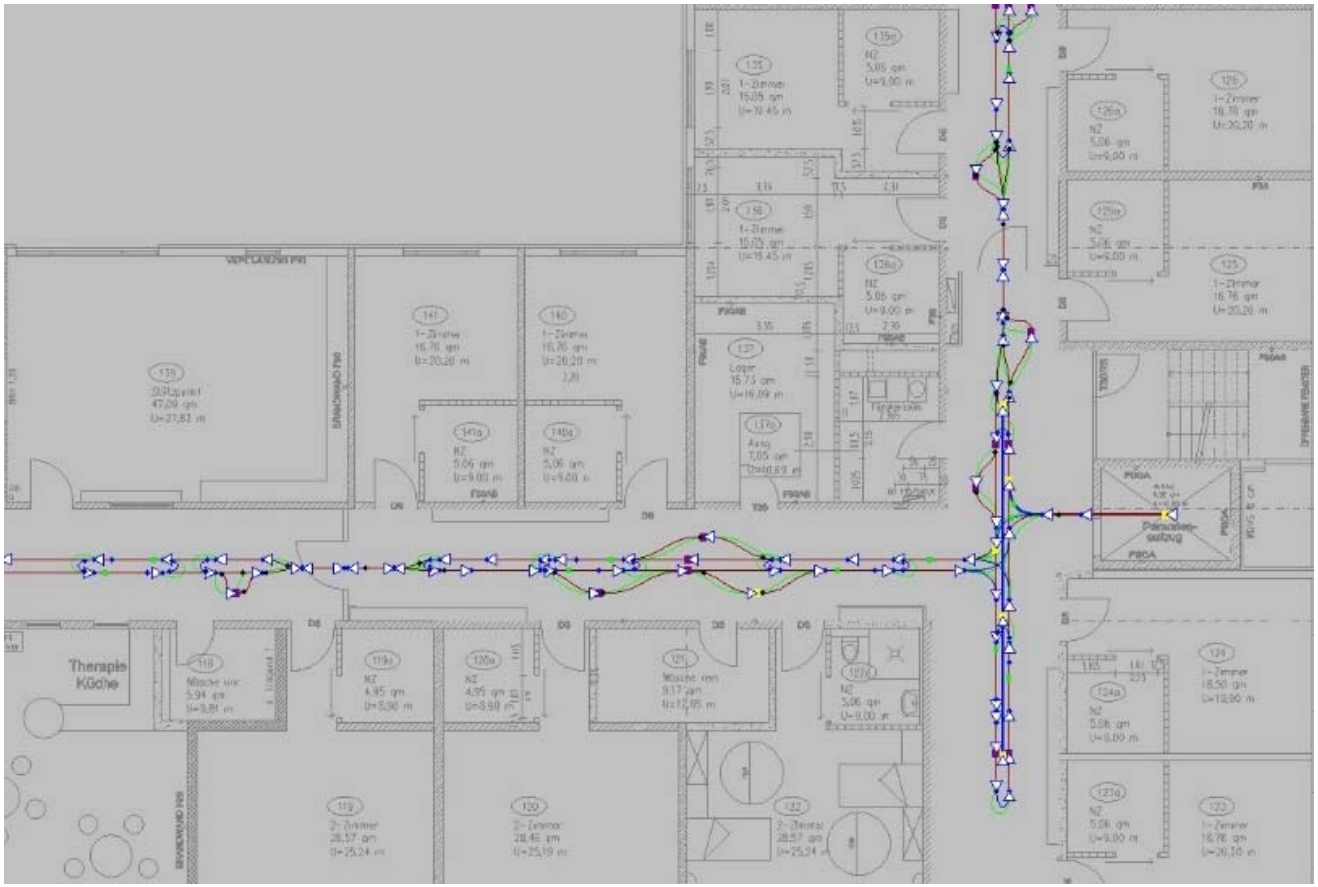
Funktionsweise der autonomen Navigation

- Navigation basiert auf natürlichen Umgebungs-merkmalen
- Das bedeutet: Umgebung wird vermessen (Karte erstellt), Anhand der Karte lokalisiert sich das Fahrzeug im Raum
- Navigation entlang vorher festgelegter Routen
- Ausführen von Ausweich-manövern z.B. wenn Personen oder Hindernisse den Weg verstellen



„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Layout einer Einrichtung



„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Sonderfunktion Andocken

- Reaktive Spurführung
- Nutzung von Reflektorpaaren zum präzisen Andocken an:
  - Batterieladestationen
  - Modulwechselstation

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Interaktion mit Aufzügen

- Zentrale Funktion, um Gebäude befahren zu können
- Unterschiedliche Schnittstellen möglich
- Herausforderung: Beachtung von Brandalarmen und Sicherheitsfunktionen im Zusammenspiel mit Personen, um die gesetzlichen Regelungen einhalten zu können

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Erfahrungen aus Testphase 1

+

- Erstmaliger Einsatz der 3D-Kamera funktionierte sehr gut – viele Hindernisse wurden erkannt
- Standardfunktionen des Fahrens waren einfach zu nutzen
- Interaktionen mit der Umgebung – Aufzug funktionierte einwandfrei
- Bedienung per Tablet und Smartphone unkompliziert

–

- Umgebung war anspruchsvoller als erwartet – Ausweichfunktion kritisch
- Akustische Signalgeber waren in der dortigen Umgebung zu laut
- Die Einbindung eines Standard Tablets war nicht robust genug (Verbindungsprobleme)
- Standardfahrkurse zu eng für den Einsatz in Altenpflege und Klinik (Roboter zu langsam)

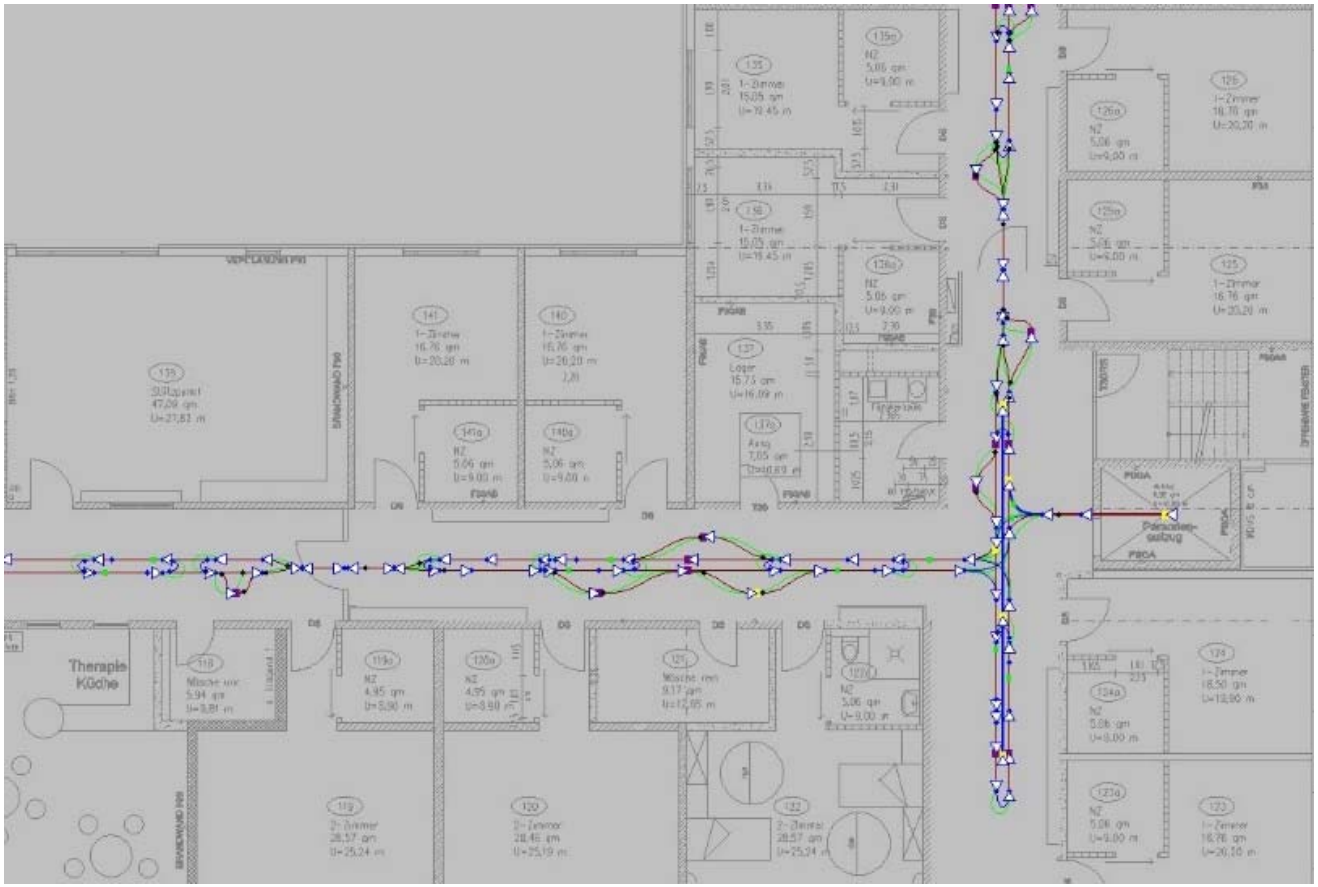
„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Anpassungen nach Testphase 1

- Anpassung von Sicherheitsfunktionen für bessere Bewegungsabläufe
- Teilweise Deaktivierung der Ausweichfunktion
- Umbau sämtlicher Fahrstrecken auf eine bidirektionale Spur statt zwei Spuren. Fahrweg vorhersehbar, weniger ausweichen.
- Einrichtung zusätzlicher Wendestellen (bei jedem Zimmer) um unnötige Fahrten zu vermeiden.
- Ausrichtung des Wagens auf 90° vor den Zimmern, um die Zugänglichkeit an Einrichtungen am Fahrzeug zu verbessern
- Optimierung des Drehens auf der Stelle
- Optimierung der optischen (Blinkfunktion) und akustischen Signalgeber (Minimierung von Warnton und Sprachausgabe)
- Bei Durchfahrten von Türen wird vorab per Laserscanner geprüft, ob der Bereich frei ist, womit Deadlocksituationen vermieden werden können

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Layout einer Einrichtung (ursprüngliche Variante)



„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Layout einer Einrichtung (nach Einfluss der Erfahrungen)

„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Erfahrungen aus Testphase 2

+

- Die gemachten Änderungen haben die Situation wesentlich verbessert
- Positive Rückmeldung aus den Einrichtungen

–

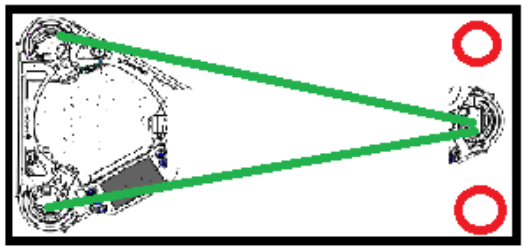
- Die Drehung um 90° musste wieder entfernt werden, da der Platz dies nicht zuließ

Generelles Fazit / Anforderungen für zukünftige Weiterentwicklung

- Gänge müssen für einen erfolgreichen Einsatz die entsprechenden Abmessungen aufweisen
- Die Geschwindigkeiten und Sicherheitsfunktionen schränken die Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern stark ein ➔ neue technische Lösungen erforderlich

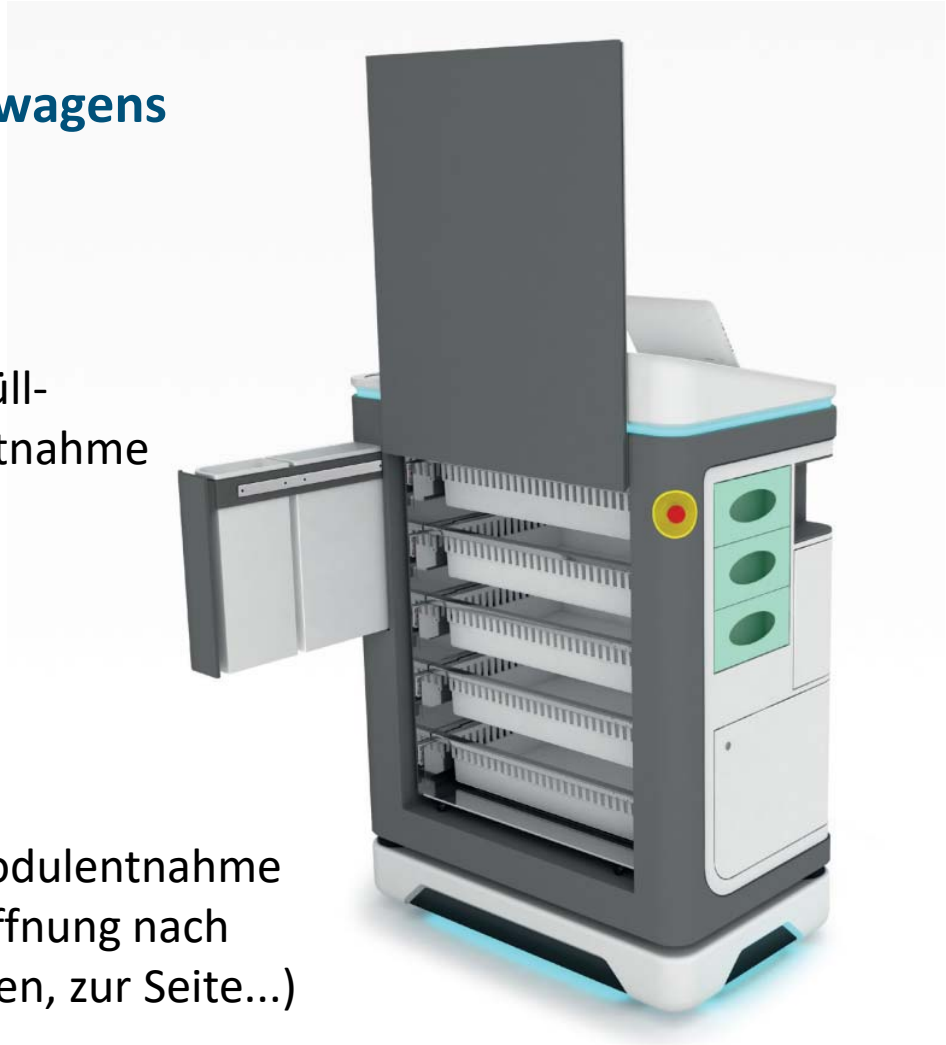
„Intelligenter Pflegewagen“ in SeRoDi

Konzept für nächste Generation des Pflegewagens



Neues Konzept: Räder an Rand versetzt, 3 (ggf. auch nur 2) angetriebene Räder, 2 Stützräder zusätzlich

Müll-entnahme



Modulentnahme (Öffnung nach oben, zur Seite...)

ROBOTISCHER SERVICEASSISTENT: AUTOMATISCHE VERSORGUNG VON PATIENTEN UND BEWOHNERN MIT GETRÄNKEN UND SNACKS

„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Motivation / Konzept

- Problemstellung in der stationären Pflege
  - Viele Heimbewohner trinken zu wenig
  - Diabetiker und Mangelernährte benötigen Zwischenmahlzeiten
  - Keine dauerhafte Versorgung möglich, insbes. während Pflegekräfte mit der individuellen Versorgung der Bewohner in ihren Zimmern beschäftigt sind
- Lösung: ServiceAssistent
  - Versorgt die Bewohner im Aufenthaltsraum mit Getränken und Snacks
  - Einfache Bestückung durch das Personal
  - Agiert auf Anweisung des Personals
  - Geht proaktiv auf Bewohner zu
  - Kann Bewohner erkennen und individuell ansprechen

Vorarbeiten im Projekt „WiMi-Care“

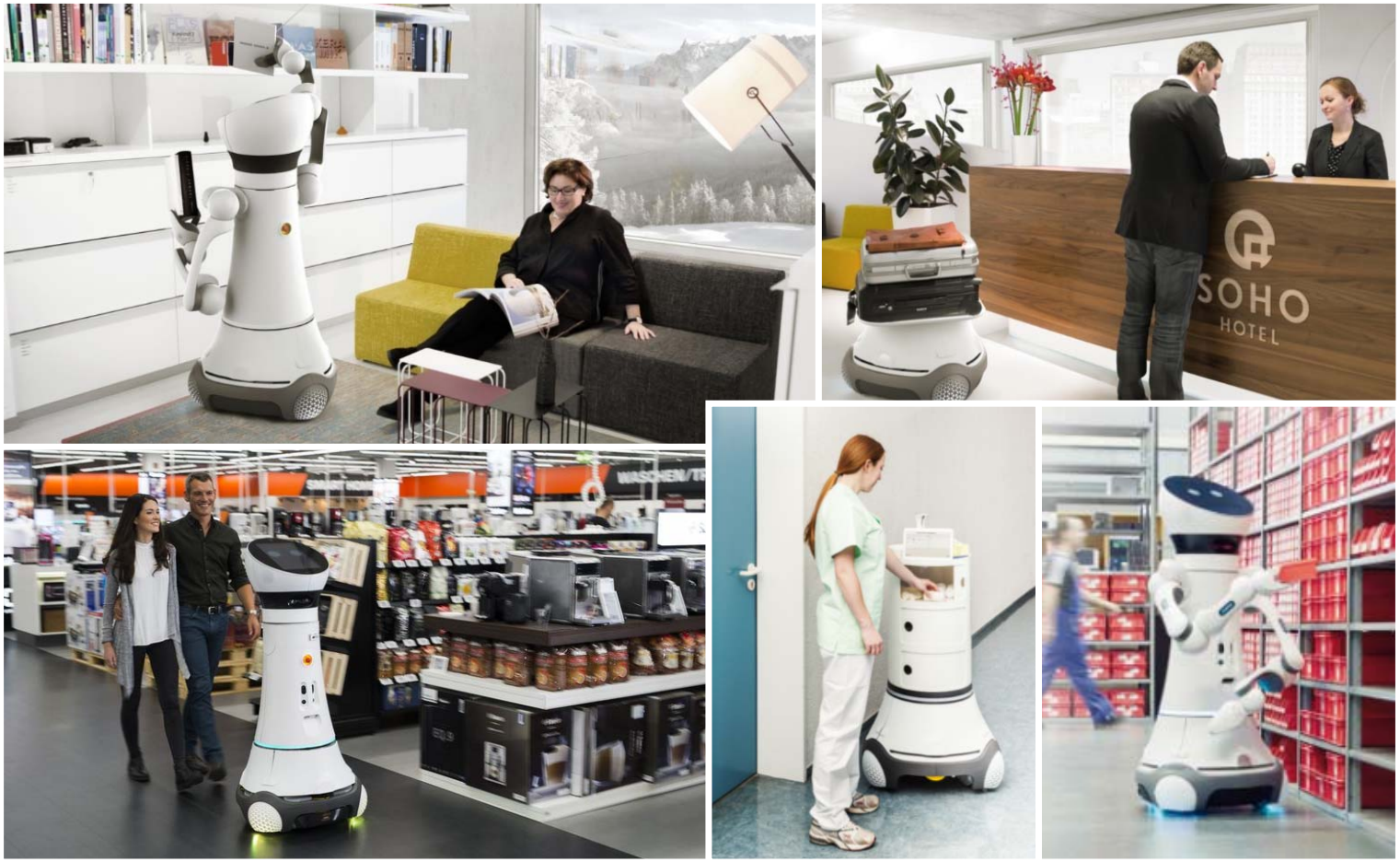
Umgesetzte Szenarien auf dem Care-O-bot 3

- Verteile Wasser an Bewohner, protokolliere wie viel jeder Bewohner getrunken hat
- Eingeben von Aufgaben und Zeitplänen sowie Anzeige und Bearbeitung des Trinkprotokolls durch das Pflegepersonal am Stations-PC
- Problem: Roboter = komplexe Forschungsplattform ist zu fehleranfällig und vor allem auch zu teuer, wenn er nur für das Verteilen von Getränken eingesetzt wird

➔ Ziel in SeRoDi: spezialisierten, produktnahen Roboter entwickeln

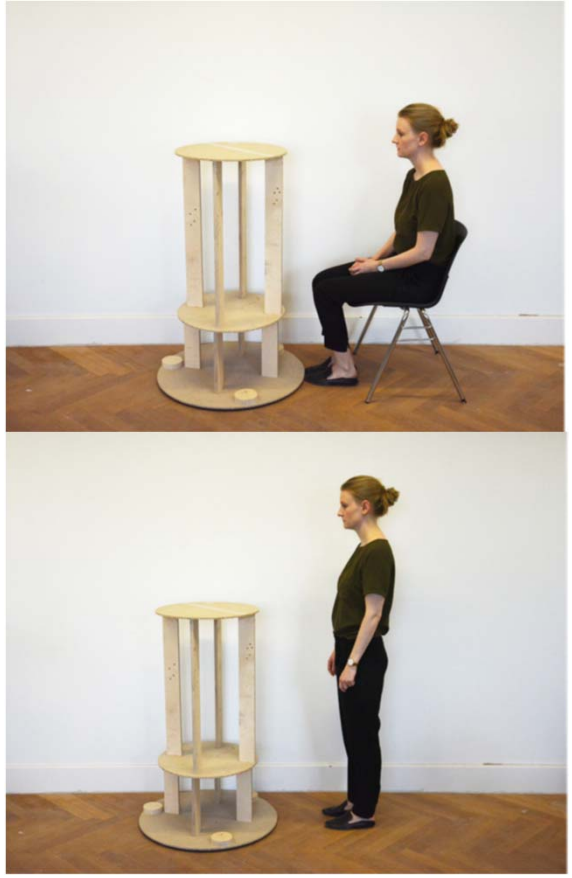
Vorarbeiten mit Care-O-bot 4: modular, agil und interaktiv

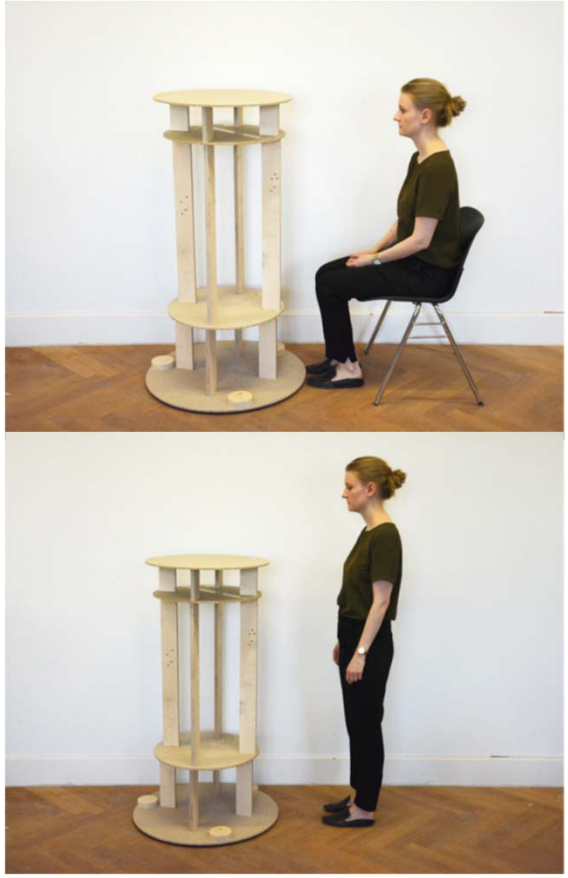
Care-O-bot 4



„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Entwicklung Interaktionskonzept / Höhe des Roboters





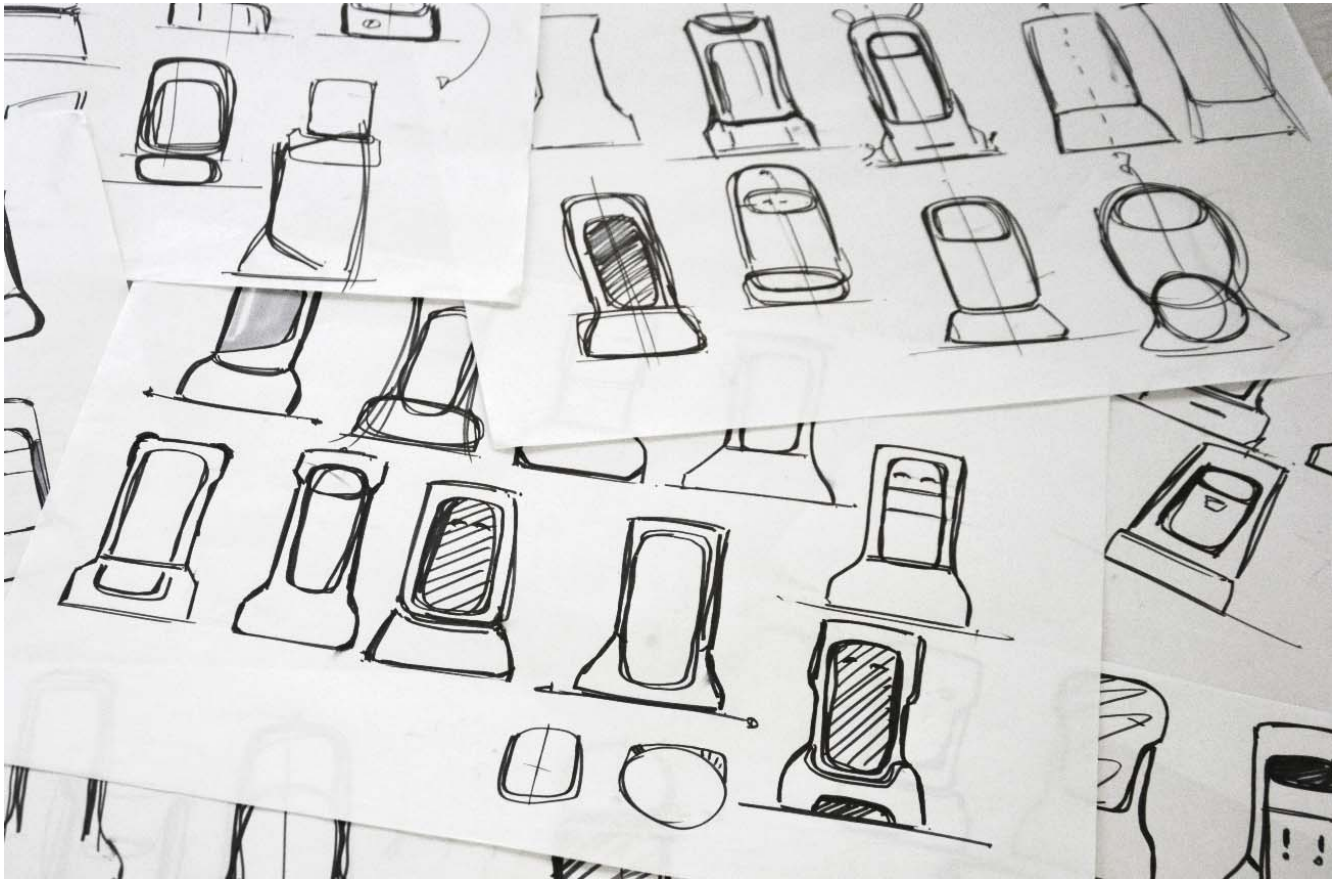
- Ideale Höhe 1,35m
- Nicht zu groß / erschreckend
- Kann ausreichend Getränke aufnehmen

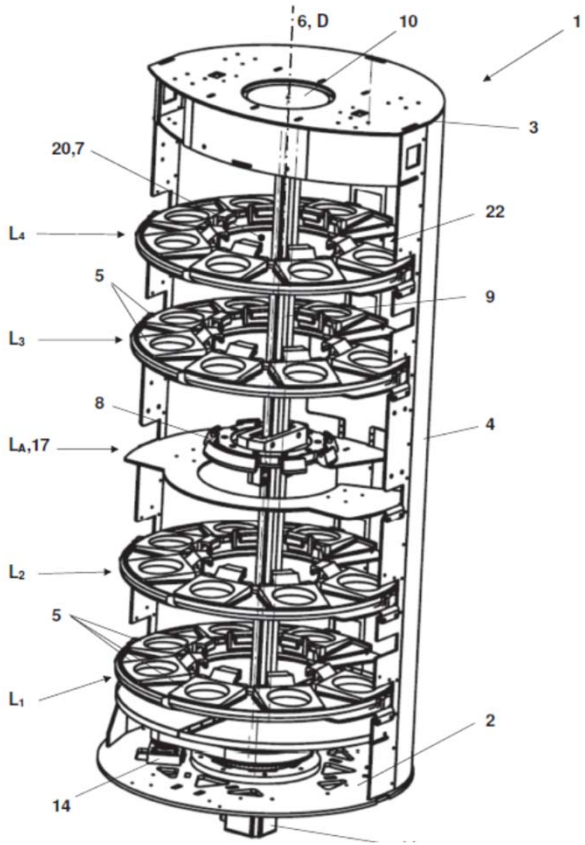
„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Entwicklung Interaktionskonzept / Höhe von Ausgabeöffnung und Tablet

„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

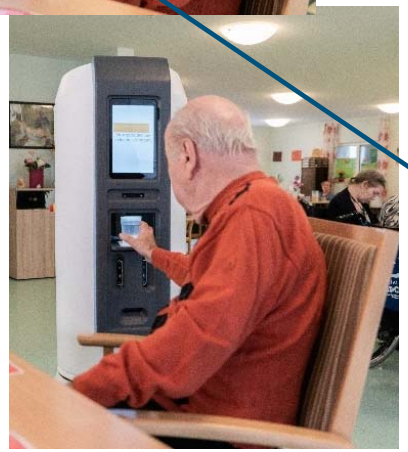
Entwicklung Gesamtdesign und technisches Detailkonzept (Spindelkonzept patentiert)





„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Finale Umsetzung des ersten Prototypen auf Basis von Care-O-bot 4



Tablet für Getränkeauswahl

Notausschalter

Ausgabe für Getränke und Snacks

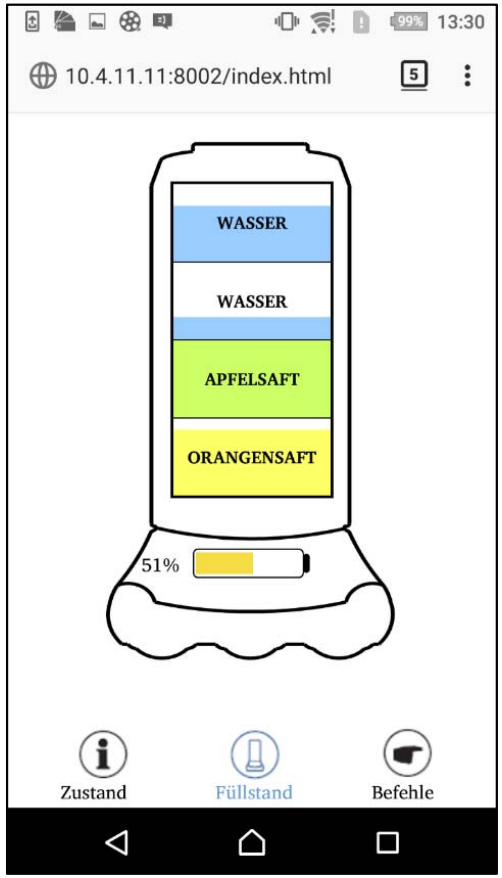
Klappe zum einfachen Bestücken

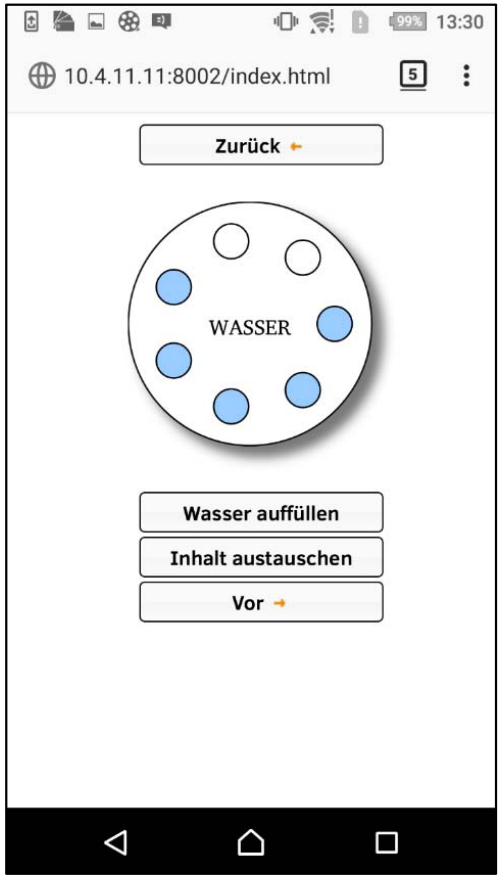
3D-Sensoren für Sicherheit und Navigation

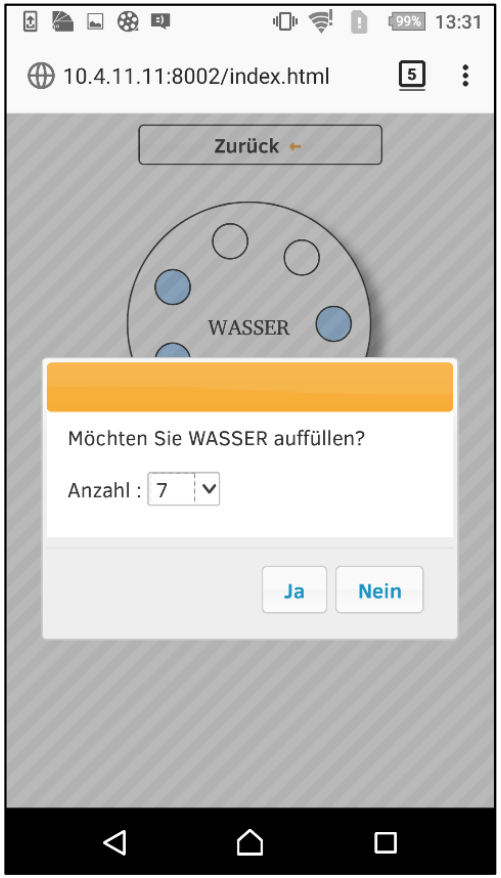
Laserscanner für Sicherheit und Navigation

„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Benutzerinterface am Smart Phone



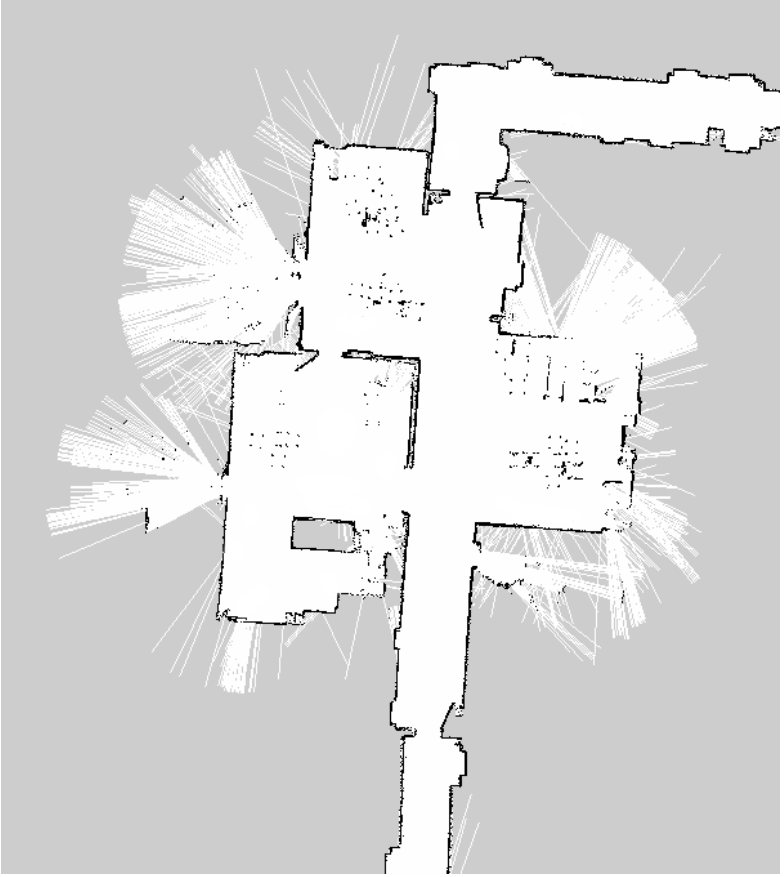




„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Navigation

- Lokalisierung mit natürlichen Umgebungs-merkmalen, Karte wird vom Roboter im Rahmen der Inbetriebnahme selbstständig erstellt
- Globale Pfadplanung anhand der Karte: Errechnung einer vollständigen Route von aktueller Roboterpose zum Ziel
- Lokale Pfadplanung: Kontinuierliche Anpassung des errechneten Pfads anhand von aktuellen Sensordaten, z.B. zur Umfahrung statischer und dynamischer Hindernisse



„ Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Erfahrungen aus den Praxistests

+

- Bewohner neugierig und interessiert
- Alle Bewohner reagierten auf Ansprache des Roboters, erfolgreiche Entnahme des Getränks
- Technische Elemente (Navigation, Personenerkennung, Benutzerschnittstelle und Ausgabemechanismus) zum größten Teil zuverlässig
- Bedienung per Smartphone für Pflegekräfte unkompliziert

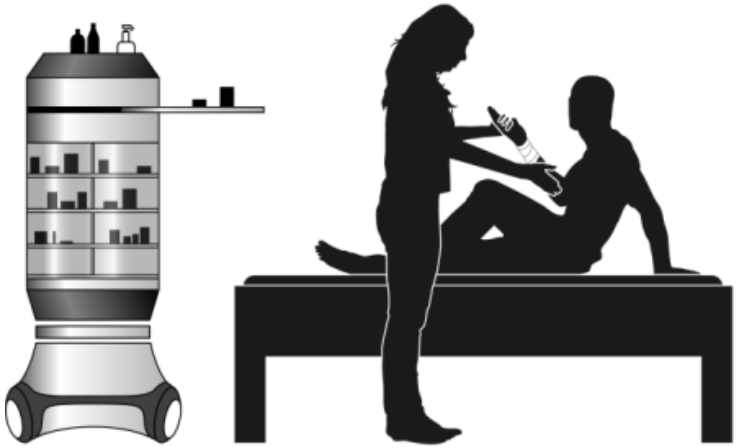
–

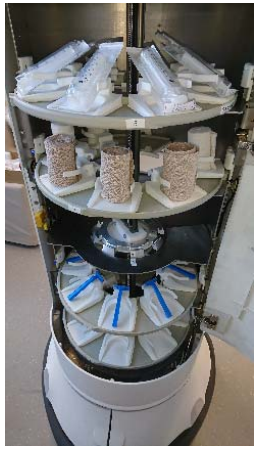
- Viele Bewohner hatten Probleme mit der Bedienung des Touchscreens
- Position für das Anfahren der Bewohner am Tisch teilweise nicht optimal
- 3D-Sensorik für Hinderniserkennung unzuverlässig, potentielle Kollisionen konnten jedoch in allen Fällen durch Eingriff des technischen Personals vermieden werden
- Erkennung von Rollstuhlfahrern muss noch optimiert werden

„Robotischer PflegeAssistent“ in SeRoDi

Konzept und Umsetzung

- „Aktive“ Variante des intelligenten Pflegewagens: Einsatz im Zimmer, stellt benötigte Pflegeutensilien, die im Inneren des Wagens vorkommissioniert werden, über einen geeigneten Anreichemechanismus automatisch und hygienisch bereit
- Anpassung des robotischen ServiceAssistenten: Entwicklung objektspezifischer Halterungen
- Einsatz von Verfahren zur Aktivitätserkennung, um bedarfsgerecht zu assistieren

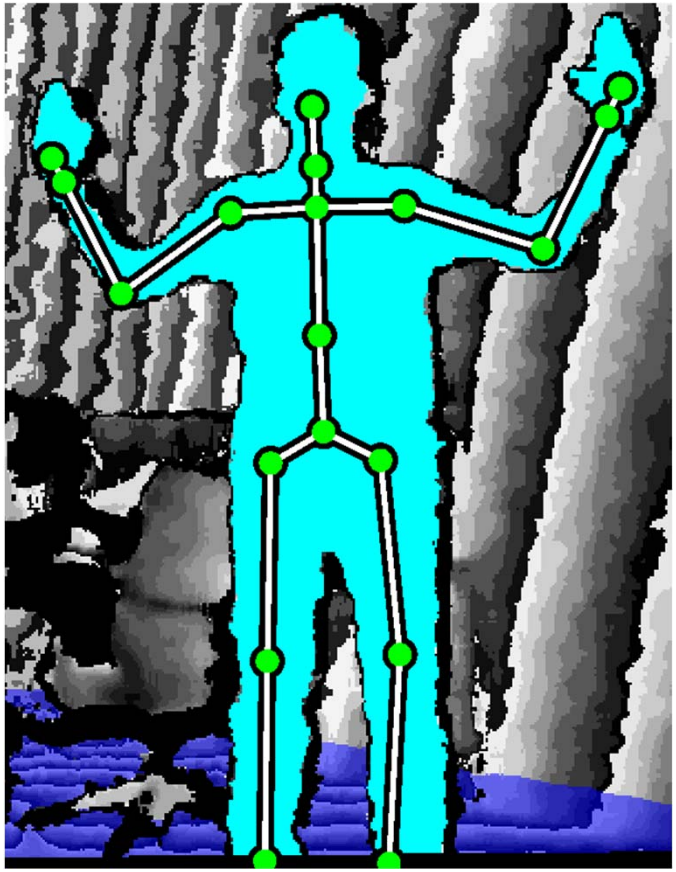




„Robotischer PflegeAssistent“ in SeRoDi

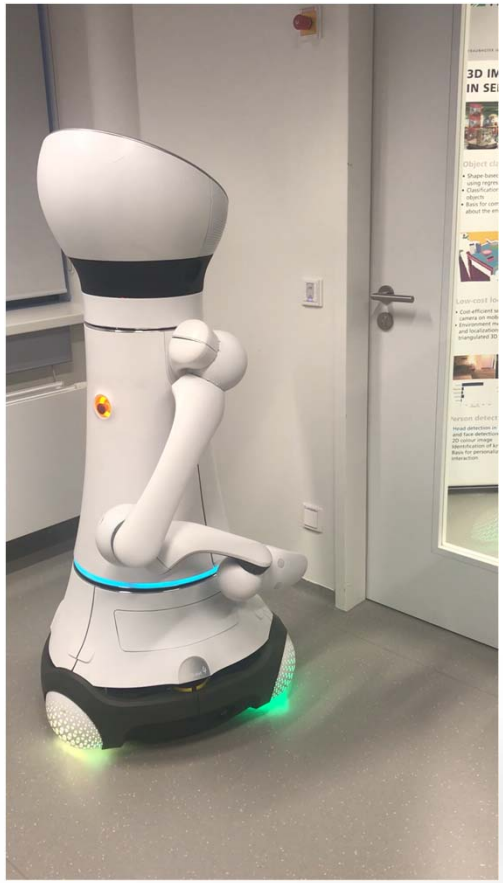
Personen- und Aktivitätserkennung

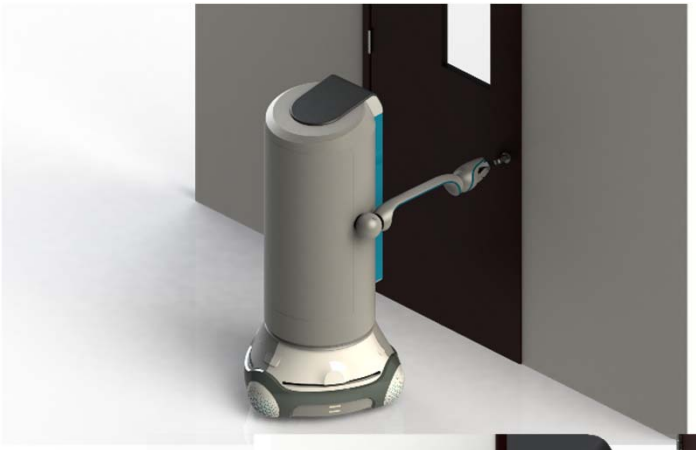
- Herausforderung: viele Verfahren funktionieren offline auf Datensäten, nicht jedoch online auf einem mobilen Roboter
- Ansatz: Integration verschiedener existierender Methoden mit ROS (Schnittstelle zum Roboter):
  - Optischer Fluss auf Farbkameradaten
  - 3D-Skeletterkennung
- Anpassung der Trainingsdatensätze für anwendungsspezifische Aktivitäten

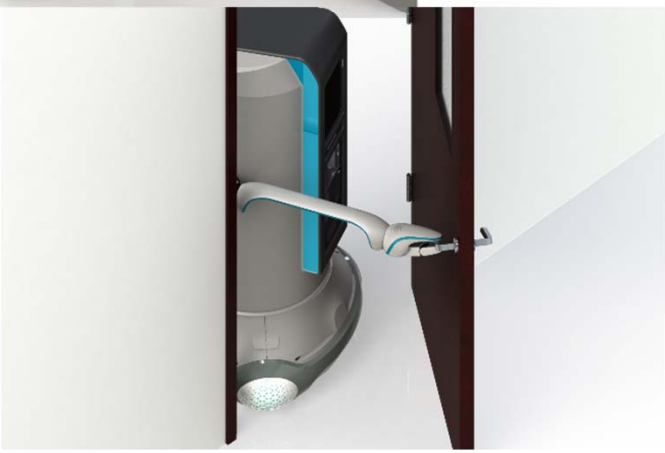


„Robotischer ServiceAssistent“ in SeRoDi

Mobile Manipulation für den zukünftigen Einsatz auch in den Zimmern







Zum Abschluss

Der SeRoDi-Film: Drehtage in den drei Einrichtungen