

# Kompetenzzentrum für prosoziale und vertrauensfördernde Robotik (ProVeRo)

Förderkennzeichen 16SV8588

Kolja Kühnlenz<sup>1</sup>, Barbara Kühnlenz<sup>1</sup>, Thomas Kriza<sup>2</sup>,  
Bartolomiej Stanczyk<sup>3</sup>, Georg Arbeiter<sup>1</sup> und Alexander Müller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hochschule für  
angewandte Wissenschaften Coburg  
Friedrich-Streib-Straße 2  
96450 Coburg

<sup>2</sup>Ostbayerische Technische  
Hochschule Regensburg  
Seybothstr. 2  
93053 Regensburg

<sup>3</sup>Accrea Engineering  
ul. Hiacyntowa 20  
20-143 Lublin, Poland

## 6.1 Ziele des Kompetenzzentrums

### 6.1.1 Motivation und Anwendungsdomäne des Kompetenzzentrums

Vertrauensvolle Koexistenz und Interaktion ist eine der wesentlichen Grundvoraussetzungen für die Einführung und den dauerhaften Betrieb interaktiver robotischer Systeme sowie eine effektive Zusammenarbeit von Menschen und Robotern. Insbesondere im öffentlichen Raum und im Zusammenhang mit naiven Nutzern sind diese Aspekte von besonderer Bedeutung. Der Bedarf und die gesellschaftliche Relevanz derartiger Systeme ist hoch, nicht zuletzt bedingt durch den demographischen Wandel, aber auch wirtschaftliche und Nachhaltigkeitsaspekte spielen hierbei eine wesentliche Rolle. Insbesondere in ländlichen und Randregionen existiert ein hoher Bedarf an speziell mobilitätsunterstützender Assistenz. Hier soll das Kompetenzzentrum am Beispiel der Demographieregion Oberfranken einen Beitrag hinsichtlich realweltlich etablierbarer Systeme für eine prosoziale und vertrauensvolle Koexistenz leisten.

### 6.1.2 Thema des Verbundprojektes / Problembeschreibung

Eine zentrale Zukunftsaufgabe und Kern des Zentrums ist daher, robotische Assistenzsysteme für die breite Masse mittels verteilter öffentlich zugänglicher Systeme - z.B. in Form von „Robot Sharing“ - zugänglich zu machen und hierfür als Enabler intelligente

prosoziale und vertrauensfördernde Steuerungsarchitekturen zu erforschen und deren Einsatz in realen Systemen zu etablieren. Herausforderungen sind die Bereitstellung vernetzter Demonstratorplattformen für den innerstädtischen Einsatz am Beispiel der Demographieregion Oberfranken mit infrastrukturell bedingter schwieriger Versorgungslage, z.B. in Gesundheit und Pflege, und dünnem öffentlichen Mobilitätsnetz, sowie flankierende methodische Untersuchungen und Optimierungen von Akzeptanz, User Experience und Nutzerverhalten unter Einbezug der Öffentlichkeit und von Fokusgruppen (z.B. ältere Menschen in Kooperation mit der AWO) und die Evaluierung von aufgabenbezogenen Interaktions- und Navigationsmechanismen sowie praktikablen Authentisierungs- und Personalisierungsmethoden.

Innerhalb des Zentrums soll ein international einzigartiges, aus einer Mehrzahl öffentlich zugänglicher mobiler Roboter und stationärer Systeme bestehendes **Reallabor für innerstädtisch verteilte Robotik (RIRO)** zur Untersuchung und Förderung prosozialer und vertrauensbasierter Interaktion und Koexistenz etabliert werden. Es bietet eine Plattform für verteiltes Lernen, plattformübergreifende Adaption und Personalisierung heterogener Komponenten an naive Nutzer unter realen Bedingungen, large-scale Longitudinalstudien und hierdurch vielfältige **nationale und internationale Entwicklungsperspektiven**. Es eröffnet zudem neuartige wirtschaftliche Wege für bedarfsgerechte As-sistenz und neue Geschäftsmodelle (z.B. On-Demand-Service, Service-Flatrate, etc.). In diesem Kontext bilden auch vielfältige **Stakeholdervernetzungen** (örtliche Industrie, Pflegeeinrichtungen, etc.) in der Demographieregion Oberfranken wesentliches profilbildendes Element.

Das Reallabor des Kompetenzzentrums ist eingeteilt in zwei Forschungsstränge – einen Hauptstrang und einen Nebenstrang - mit unterschiedlichem Risikoniveau, die insbesondere Mobilitätsaspekte und die Erhaltung bzw. Erweiterung des persönlichen Wirkungskreises, z.B. im Alter oder bei körperlichen Einschränkungen, betreffen:

***Carrier-Service (Hauptstrang):*** Zur Unterstützung im täglichen Leben, insbesondere im Hinblick auf den persönlichen Wirkungskreis sowie zur Unterstützung und Erhaltung sozialer Interaktionsmöglichkeiten von Personen im öffentlichen Raum, soll hier ein begleitender innerstädtischer Trageservice etabliert werden. Hierbei werden radbasierte Trageroboter in der Innenstadt zur Verfügung gestellt, die individuell verwendet werden

können. Dieser Forschungsstrang baut auf einer langen Historie an Vorprojekten und existierenden Systemen auf, beginnend bei humanoiden Servicerobotern im öffentlichen Raum (z.B. „Interactive Urban Robot – IURO“, EU FP7 und „Autonomous City Explorer – ACE“, Exzellenzcluster CoTeSys, „Robotische Einkaufshilfen“, Bay. Staatsmin. f. Wissenschaft und Kunst).

***Shuttle-Service (Nebenstrang):*** Zur automatisierten Beförderung von Personen im öffentlichen Raum wird ein innerstädtischer Service von Shuttelfahrzeugen etabliert, die wie im ÖPNV üblich genutzt werden können. Dieser Forschungsstrang baut ebenfalls auf Vorprojekten und existierenden Systemen auf, z.B. der Shuttle Modellregion Oberfranken (SMO), im Rahmen derer die Hochschule Coburg die Nutzerakzeptanz, die Auswirkungen auf die Verkehrsplanung, die Mensch-Maschine Interaktion sowie die funktionale Sicherheit von autonomen Shuttles zum Einsatz im touristischen und im innerstädtischen Verkehrsbereich erforscht. Die Vorarbeiten und Ergebnisse aus diesem Projekt sind eine ideale Basis, um (pro-)soziale Interaktionsmöglichkeiten zu untersuchen und trust-fördernde Strategien anzusetzen. Durch eine assoziierte Partnerschaft auf die Forschungs-Shuttles der SMO zugegriffen werden.

Der Nebenstrang stellt ein erstes Fallbeispiel eines in der Planungsphase des Kompetenzzentrums akquirierten interessierten Stakeholders dar, zusätzliche Robotersysteme zu realweltlichen Akzeptanzuntersuchungen in das geplante Reallabor zu integrieren, um auf diese Weise UX- und Akzeptanzuntersuchungen als Dienstleistung des Kompetenzzentrums durchzuführen. Weiterhin dient dieses Szenario dazu, eine Generalisierbarkeit der sozialpsychologisch motivierten Alignmentstrategien auf andere Robotersysteme zu zeigen, wobei die gewonnenen Erkenntnisse zusätzlich in die Leitlinien für zukünftige Assistenzrobotik im öffentlichen Raum einfließen sollen.

Beide Forschungsstränge und Einsatzszenarien unterscheiden sich insbesondere in der Strukturiertheit der Einsatzumgebungen, welche das unterschiedliche Risikoniveau bedingen, wobei Vertrauen und Akzeptanz jeweils eine zentrale Rolle spielen.

Ein **Beispielszenario** für mögliche zukünftige Anwendungen für ein heterogenes Netzwerk innerstädtisch (Fußgängerzone, Marktplatz Coburg) verteilter Assistenzroboter und stationärer (z.B. heimischer) Einheiten sowie Smartphone Applikationen im Bereich des **Carrier-Service** ist:

*Nutzer bucht Roboter (Smartphone App, heimischen Agent) → optimaler Roboter wird disponiert (zeitlich, Funktionalität) → Roboter navigiert zu Startpunkt (z.B. Treffpunkt) → Roboter führt gebuchten Service zusammen mit Nutzer aus (z.B. begleitender Trageservice, Mobilitätsunterstützung, etc.) → Abrechnung.*

Hier existieren neben der grundsätzlichen Problematik der Koexistenz von Menschen und Robotern im öffentlichen Raum und damit verbundenen Akzeptanz- und Vertrauensfragen auch mögliche ambige Situationen, wo letztere Aspekte um so mehr von Bedeutung sind. Ein Beispiel hierfür ist das Herannahen eines Objekts, das dem begleiteten Nutzer aufgrund abgewandter Aufmerksamkeit verborgen ist, das aber zu einem sofortigen Halten des Roboters führt, was ohne weitere Maßnahmen wie die hier vorgesehenen Alignment- und Erklärungsstrategien möglicherweise zu unklaren Situationen und Vertrauensverlust führen kann.

Ein **Beispielszenario** für den **Shuttle-Service** besteht in der Erkennbarmachung von Fahrsituationen – insbesondere in ambigen Fällen – und eine entsprechende Vertrauenssteigerung durch prosoziale Anpassung und Erklärung. Eine Beispielsituation ist ein plötzliches Halten des Shuttles als vorausschau-ende Aktion aufgrund eines durch erweiterte Umfeldwahrnehmung (u.a. Vernetzung mit anderen Verkehrsteilnehmern) detektierten, aber dem direkten Beobachter möglicherweise verborgenen Hindernisses, was von Passanten und Insassen auch als Überquerenlassen von Passanten durch das Shuttle wahrgenommen werden könnte. Gerade bei diesen für den Menschen nicht kontrollierbaren Situationen spielt die soziale Interaktion eine große Rolle, um eine vertrauensvolle Koexistenz zu ermöglichen.

Der interaktionsbezogene Aspekt betrifft einerseits die Interaktion mit dem Nutzer, kann andererseits aber auch mögliche Interaktionen mit Dritter einschließen (z.B. unbeteiligte Passanten bei Serviceausführung).

Aufgrund ihres Querschnittscharakters sind die Beiträge von ProVeRo für eine Vielzahl von Sektoren, die in der *Multi Annual Road Map for Robotics in Europe* (SPARC) beschrieben werden einsetzbar und werden voraussichtlich starke Auswirkungen auf diese haben, wo immer ubiquitär verfügbare Agenten das Leben in persönlichen oder beruflichen Szenarien verbessern können, u.a.:

- Consumer Robots
  - Domestic Appliances: Unterstützung im täglichen Leben durch Transport-Services
  - Assisted Living: persönliche Mobilität durch (semi-)autonome Lastenträger über längere Distanzen
- Logistics and Transport
  - Transportation Systems: (semi-)autonome Transport-Services
- Civil Domain
  - Infrastructure Services: (semi-)autonome Transport-Services

Durch die Generation massiver Daten über die Interaktion (beobachtete Nutzerverhalten/-bewegungen im Verhältnis zu Roboteraktion (anonymisiert)) im Rahmen des kontinuierlichen Betriebs der Szenarien trägt das Kompetenzzentrum substanziell dazu bei, die methodischen Ansätze prosozialer und Trust-regulierender Interaktionssteuerung in der Praxis zu erproben, wobei die Daten der Fachöffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

Ubiquitäre Robotersysteme mit Technologie-Enablern des Kompetenzzentrums sind eine Option, um allgegenwärtige Unterstützungsleistungen im Alltags- und Berufsleben bereitzustellen, die mit teuren menschlichen Arbeitskräften gerade bei solchen Jobs mit geringer Wertschöpfung, insbesondere 24/7, wirtschaftlich nicht machbar sind. Sie bieten eine kostengünstige Alternative, wenn Anschaffungs- und Wartungskosten für einen Roboter mit Löhnen eines menschlichen Mitarbeiters verglichen werden. Neben der Hauptwirkung, das Leben zu verbessern, ermöglicht ProVeRo neue Geschäftsmodelle in Bezug auf die Robotervermietung für den privaten oder professionellen Gebrauch sowie auch die entgeltliche praktische Erprobung weiterer Robotersysteme zukünftiger, auch überregionaler Interessenten unter realweltlichen Bedingungen im öffentlichen Raum durch entsprechende Einbindung in das Reallabor.

McKinsey Global Institute schätzt in einer Studie, dass im Jahr 2025 allein in den Hauptzielsektoren der persönlichen und Heimroboter sowie der robotergestützten

Human Augmentation ein direkter wirtschaftlicher Impact von 800 Millionen bis 2,5 Billionen US-Dollar pro Jahr entsteht, wo die mit ProVeRo-Technologie ausgestattete ubiquitäre Robotik beitragen kann, was einer geschätzten potenziellen Reichweite von 5-10 % von 50 Millionen behinderten und 25-50 % der Haushalte mit insgesamt 90 bis 115 Milliarden Stunden, die in fortgeschrittenen Volkswirtschaften für Tätigkeiten auf niedriger Ebene aufgewendet werden, entspricht<sup>1</sup>. Die potenziellen Gewinne werden auf bis zu 390.000 US-Dollar pro Person bei der Verbesserung der Lebensqualität und 50 Milliarden eingesparte Stunden mit einem Wert von bis zu 10 US-Dollar pro Stunde geschätzt. Unter Berücksichtigung eines möglichen ProVeRo-Technologieanteils an den implementierten ubiquitären Systemen in diesen Sektoren spiegelt dies das starke Wirkungspotenzial des Kompetenzzentrums wider.

### 6.1.3 Gesamtziel des Kompetenzzentrums

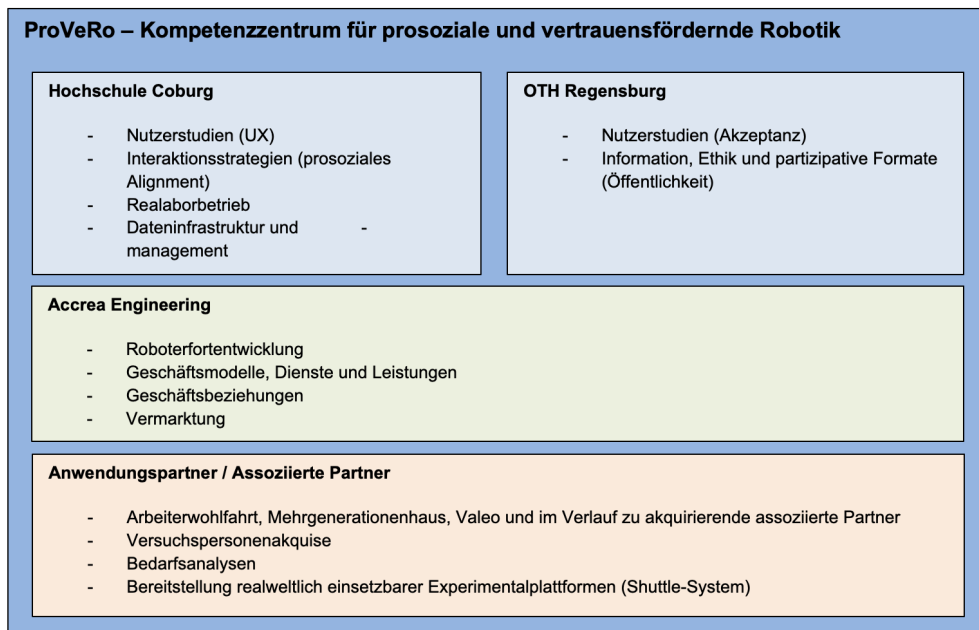
Akzeptanz von interaktiven und Service-Robotern ist die Grundvoraussetzung für deren langfristigen Einsatz in realweltlichen Umgebungen. Ein zentrales Ziel des Kompetenzzentrums bildet daher die Etablierung prosozialer und Trust-regulierender Methoden für Roboter im öffentlichen Raum am Beispiel der in 6.1.2 definierten Serviceszenarien/Use-cases in einem Roboternetzwerk in der Innenstadt von Coburg (Fußgängerzone) und hierbei die Erforschung des Interaktionsverhaltens zwischen Mensch und technischem System sowie die Auswirkung auf die Allgemeinheit durch entsprechende partizipative Formate, um den Kreis zu schließen, wobei strukturierte Erfahrungen in der jeweiligen Anwendungsdomäne gesammelt werden sollen. Zur Erreichung dieses Ziels sollen sehr fokussiert in einem kleinen Konsortium konzertiert strukturierte Test-Szenarien entwickelt werden sowie zur quantitativen Auswertung entsprechende Metriken und Benchmarks, wobei Nutzererfahrung und Akzeptanz eine hervorgehobene Rolle spielen sollen. Durch einen kontinuierlichen Einsatz und entsprechende insbesondere mit dem Begleitprojekt abzustimmende Longitudinalstudien soll die Datenlage zu Assistenzsystemen in Bezug auf die Effektivität des Einsatzes Trust-bezogener intelligenter Steuerungsverfahren unter natürlichen Bedingungen verbessert werden.

---

<sup>1</sup>McKinsey, „Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy“, 2013.

Neben dem klassischen Industrierobotiksektor ist es wichtig, dass sich Deutschland stark darauf konzentriert, den noch aufstrebenden Sektor der Service-, Personal- und assistiven Robotik zu einem aktuellen und zukünftigen Eckpfeiler zu machen. Das enorme Marktpotenzial resultiert nicht nur aus dem demografischen Wandel und anderen Treibern, sondern insbesondere aus einer prognostizierten enormen Anzahl installierter Spezialgeräte, die im Alltag und im beruflichen Umfeld auf B2C-Basis Unterstützungsfunktionen bereitstellen. ProVeRo wird einen starken Beitrag zu einem neuen Wachstumsmarkt der ubiquitären Robotik leisten, der übergreifende Forschung mit Anwendungen im kommerziellen, Verbraucher-, Gesundheits- und zivilen Sektor sowie hohe sozioökonomische Auswirkungen auf den privaten, geschäftlichen und sozialen Sektor umfasst. Das große Potenzial für den technischen Transfer und die kommerzielle Nutzung wird durch massive Erfahrung der Partner in der Entwicklung und realen Anwendung von Robotersystemen für die Interaktion mit naiven Endnutzern unterstrichen mit KMU Accrea Engineering als Kettenglied zwischen angewandter Forschung und Industrie.

Die Enabling-Technologie von ProVeRo in Form von generischen Methoden zur Akzeptanzsteigerung und die Etablierung der Demonstrationssysteme in den Kernszenarien werden dazu beitragen, Roboter in den Alltag zu bringen, die Entwicklung ubiquitärer Robotik zu unterstützen und somit grundlegende Auswirkungen auf die Gesellschaft haben. Die angestrebte ubiquitäre Robotik in Kombination mit On-Demand-Diensten wird die Gestaltung des Alltags stark prägen, die Gesellschaft zunehmend von bestimmten Aufgabenbelastungen befreien, zur Unterstützung im beruflichen Umfeld im Kontext des demografischen Wandels beitragen und zur Steigerung höherwertiger menschlichen Aktivitäten beitragen. Darüber hinaus trägt die bedarfsgerechte Assistenz überall und jederzeit innerhalb des Agentennetzwerks und des IoT insbesondere zu einem selbstbestimmten Leben älterer und behinderter Menschen bei und beugt sozialer Isolation vor. Daher kommt den regelmäßigen geplanten partizipativen Formaten zum Einbezug der Öffentlichkeit bzw. der öffentlichen Meinung mit Longitudinal-Charakter besondere Bedeutung zu. Hier soll nicht nur der Status Quo erhoben werden, sondern ein bidirektionaler Austausch stattfinden, in dem Wissenschaft und Allgemeinheit in ständigen Diskurs treten sollen, wobei die gezielte Information ebenfalls einen wesentlichen Beitrag leisten wird.



**Abbildung 6.1:** Struktur des Kompetenzzentrums



## 6.2 Alleinstellungsmerkmale und Abgrenzung zum Stand der Wissenschaft und Technik

### 6.2.1 Internationaler Stand der Wissenschaft und Technik

Das beantragte Kompetenzzentrum erforscht neuartige Strategien zur prosozialen Anpassung und Vertrauensförderung bei der Interaktion zwischen Mensch und robotischem System im Rahmen von deren Transfer und praktischer Anwendung in realweltlichen Umgebungen. Die Ansätze sind generisch und für eine Vielfalt von interaktiven Robotern anwendbar. In diesem Kontext werden hier Anwendungsschwerpunkte als Use-Case verfolgt, die eine Plattform für verschiedenste Anwendungsszenarien bilden sollen. Dementsprechend werden im Folgenden relevante Arbeiten in Bezug auf die Anwendungsschwerpunkte dargestellt.

#### **Interaktive und mobile Roboter in innerstädtischen Außenumgebungen:**

Forschung im Bereich der interaktiven und sozialen Robotik wurde seit einigen Jahren stark vorangetrieben (Ahmad et al. 2017). Treiber sind ein steigender Bedarf an Assistenzsystemen für Mobilität, Rehabilitation und Pflege sowie weitgehende Konsolidierung klassischer Märkte wie dem der Industrierobotik. Verschiedene Philosophien verfolgen mehrere spezialisierte Systeme für unterschiedliche Aufgaben des Alltags einerseits und humanoide „Allzweckroboter“ als Universallösung andererseits. Mittelfristig nicht zu erwartende Innovationen für wirtschaftliche leistungsfähige Antriebe und Energiespeicher, die eine Verfügbarkeit von Allzweckrobotern im Alltag für die breite Masse ermöglichen würden, resultieren jedoch in vorherrschender Favorisierung von Speziallösungen. Trotz einer hohen und steigenden Aktivität im Bereich interaktiver und unterstützender Roboter hat bislang nur ein kleiner Teil den Weg in kommerzielle Lösungen gefunden, z.B. für Rasen- und Raumpflege (Forlizzi and DiSalvo, 2006, Sahin and Guvenc, 2007) und moderne automatisierte Rollstühle (Rofer et al., 2009) sowie verschiedene humanoide Formen (Leite et al., 2013, Fong et al., 2003, Cabibihan et al., 2013), die aber für den alltäglichen Einsatz aufgrund ihrer Leistungsdaten nicht geeignet sind. Gründe sind neben hohen Kosten für leistungsfähige mechatronische Komponenten auch fehlende Standards, z.B. für Sicherheits-/Haftungsfragen (Mainzer, 2014). Akademische Arbeiten sind dagegen vielfältig, z.B. zur physischen Unterstützung, u.a. bei Nahrungsaufnahme (Li et al.,

2009), über soziale Unterstützung, u.a. Reinitialisierung zwischenmenschlicher Kontakte oder Unterstützung bei neurologischen Krankheiten (Burton, 2013), bis hin zu Unterstützung bei kognitiven oder sozialen Störungen (Wainer et al., 2014). Vernetzte Assistenzroboter, teilweise Cloud Services nutzend, werden kaum behandelt, z.B. im GrowMeUp-Projekt (Quintas et al., 2017) im Kontext der Konsolidierung verteilt erfassten Nutzerwissens und auction-basierter Koordination. Simmons et al. (1997) stellten eine Architektur für einen Büroroboter vor, der zur Navigation Karten seiner Umgebung verwendet. Außerdem kann er auf Objekte reagieren, die ihm den Weg versperren. Hada et al. (2004) entwickelten einen Roboter für die Dokumentenbereitstellung in Innenräumen wie Büros und Krankenhäusern. Diese (akademischen) Arbeiten behandeln jedoch bislang nur Innenumgebungen. Logistiksysteme werden bereits vielfältig in Außenumgebungen untersucht und eingesetzt (Pizzalieferrung (Technologies), Drohnen für 5-Pfund-Paketlieferungen (Air, 2016), 10-Pfund (UPS (Golowski, 2017)). Uber Technologies und Anheuser-Busch haben zusammengearbeitet, um die erste kommerzielle Lieferung zu erreichen, die vollständig von einem selbstfahrenden Lkw aus durchgeführt wird, der 120 Meilen ohne Fahrer fuhr und seine Ladung erfolgreich an den vorgesehenen Bestimmungsort lieferte (Hada et al., 2004). Diese Systeme, da autonom, könnten jedoch potenziell eher zur Isolierung älterer/eingeschränkter Nutzer in heimischer Umgebung führen. Sie enthalten naturgemäß keine Interaktionsfunktionalitäten und sind daher für die vorgeschlagenen prosozialen und Trust-fördernden Interaktionsstrukturen nicht geeignet. Parallel zu den Aktivitäten des Projektleiters entwickelten Sales et al. (2016) einen Einkaufswagen-Assistenzroboter, der dem Nutzer vom Laden bis zum Haus des Nutzers folgen kann. Hierin ist auch ein guter Überblick über ähnliche existierende Systeme, deren sensorische Ausstattung und Funktionalitäten zu finden. Auch diese Arbeiten sind lediglich akademisch und in Ihrer Robustheit nicht mit den unter Beteiligung des Projektleiters entwickelten Systemen mit Produktcharakter (s. Abb. 6.2) vergleichbar. In fernöstlichen Großstädten (z.B. Tokio) ist Präsenz anthropomorpher Roboter im öffentlichen Raum - zu Informationszwecken - bereits Realität. Aspekte der Nutzerinteraktion und Akzeptanz sowie öffentliche Bereitstellung von Robotern für beliebige private Nutzung werden dabei allerdings nicht betrachtet. Letztere Ansätze würden den Weg bereiten für vielfältige neue Geschäftsmodelle (z.B. service-, zeitbasierte Abrechnungen, Flatrates, etc). Eine offensichtliche Barriere für viele bekannte und kommerzielle Systeme ist die

Outdoor-Fähigkeit der zugrunde liegenden mobilen Plattform, Sensoren und Corpus, die in diesem Vorhaben essenziell ist.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, dass die kommerziell verfügbaren Systeme entweder keine Outdoor-Tauglichkeit bieten oder mangels Interaktionsfähigkeiten im Rahmen des Kompetenzzentrums nicht geeignet sind.

### **Sozialverträgliche Mensch-Roboter-Interaktion und Bewegung im öffentlichen Raum:**

Die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter kann die Leistung eines Roboters verbessern. Fong et al. (2003) bestätigten diese Annahme mit einem Kollaborationssystem, das dem Roboter ermöglicht, bei Problemen mit einem Benutzer zu kommunizieren. Sie zeigten auch, dass viele Faktoren berücksichtigt werden müssen, um eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter zu ermöglichen, die eng mit menschlichen sozialen Aspekten verbunden sind. Zum Beispiel muss der Roboter über Self-Awareness und Self-Reliance verfügen. Der persönliche Raum ist ein wichtiger Faktor für das Wohlbefinden der Menschen. Basierend auf Halls Konzept der Nähe (Hall and Hall, 1966) sind mehrere Möglichkeiten denkbar, wie ein Mensch und ein Roboter gemeinsam zu einem bestimmten Ziel gehen können. Joosse et al. (2013) zeigten mit einem Experiment, dass menschliche soziale Normen bei Interaktionen mit Robotern nicht verletzt werden dürfen. In ihrem Setup zeigten die Teilnehmer im Vergleich zu einem menschlichen Agenten ein kompensatorisches Verhalten, wenn ein Roboteragent in ihren persönlichen Bereich eindrang. Basierend auf menschlichem Verhalten haben Morales Saiki et al. (2012) entwickelten ein computationales Modell, das das Gehen von zwei Personen nebeneinander reproduziert. Dieses Modell wurde u.a. von Murakami et al. (2014) aufgegriffen. In einem weiteren Ansatz für das Side-by-Side-Walking haben Udsatid et al. (2012) verwendeten eine Kinect-Kamera, um die Füße des Benutzers zu lokalisieren. Gockley et al. (2007) verglichen zwei Ansätze, bei denen ein Roboter einer Person entweder folgt, indem er einem Weg oder einer Richtung folgt. Sie konnten z.B. zeigen, dass der Mensch den richtungsfolgenden Roboter bevorzugt. Weitere Faktoren, die die Mensch-Roboter-Interaktion beeinflussen, zeigen Mutlu et al. (2006). Sie fanden heraus, dass die Aufgabenstruktur und Benutzerattribute wie Geschlecht, Alter und Bildungsstand die Wahrnehmung eines Roboters durch den Benutzer beeinflussen. Tapus et al. (2008) fanden heraus, dass

es möglich ist, einen Roboter entsprechend dem Grad der Extraversion-Introversion des Benutzers anzupassen. Basierend auf ihren Erkenntnissen entwickelten sie ein Verhaltensanpassungssystem, das in der Lage ist, seine sozialen Interaktionsparameter wie Geschwindigkeit und Sprachinhalt an das Extraversion-/Introversionsniveau des Benutzers anzupassen. Woods et al. (2005) führten eine Studie durch, in der Menschen mit einem nicht-humanoiden Roboter interagierten, der zwei Roboterhaltensstile zeigte, sozial interaktiv und sozial ignorant. Sie fanden heraus, dass Alter, Geschlecht und technologische Erfahrung der Benutzer wichtig dafür waren, wie die Probanden ihre Persönlichkeit als der Roboterpersönlichkeit ähnlich sahen.

In dem geplanten Projekt wird auf diesen Erkenntnissen aufgesetzt, um eine sozialverträgliche Fortbewegung des Roboters zu realisieren, wobei Akzeptanz und Nutzerverhalten im Rahmen von Nutzerstudien und partizipatorischen Formaten untersucht wird, um Leitlinien für eine entsprechende Adaption der Roboter im Reallabor zu erhalten.

### **Persuasion und prosoziale Ansätze in der Robotik:**

Innerhalb eines geschlossenen Kreises von Nutzer und Technologie, beschäftigen sich vielfältige Arbeiten mit der Integration mentaler Zustände wie Emotionen in die dynamische Handlungssteuerung an der Schnittstelle von Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie (Jeon, 2017). Im Zwischenmenschlichen Bereich ist Empathie ein wesentlicher Grundbaustein für die Sozialisierung. Empathie entwickelt sich bereits im Säuglingsalter (Blakemore et al., 2004) und Dysfunktionen diesbezüglich können zu sozialen Defiziten führen, wie z.B. bei Autismus zu beobachten ist (Dapretto et al., 2006). Psychologische Studien haben gezeigt, dass eine Manipulation des Ausmaßes der Empathie über die Ähnlichkeit zwischen den Subjekten möglich ist (Batson et al. (1981), Krebs (1975)). Eine Schlüsselherausforderung in der Mensch-Roboter-Interaktion ist die Entwicklung psychologischer „Treiber“ zur Induktion von Empathie und Ähnlichkeit, um altruistisches Verhalten zu triggern (Frey and Irle, 2002). Hierbei kommen implizite (z.B. Mimik, Gestik, etc.) und explizite (verbale) Signale zur Anwendung (Castelfranchi, 1998). Existierende Arbeiten in der Mensch-Roboter-Interaktion, die implizite Kanäle verwenden, basieren z.B. auf einem Kommunikationsmechanismus in der zwischenmenschlichen Interaktion, der Alignment genannt wird (Pickering and Garrod, 2006), welcher zu adaptiven Prozessen

zwischen Interlocutoren führt (Fischer and Van Kleef, 2010, Kraut and Johnston, 1979). Ein Alignment-Ansatz basierend auf emotionalen Gesichtsausdrücken mit einer Unterscheidung von automatischen, schematischen und konzeptuellen Ebenen für emotional adaptive Reaktionen findet sich in (Damm et al., 2011). Auf Grundlage derartiger sozialpsychologischer Theorien (Frey and Irle, 2002, Batson et al., 1981) werden in ProVeRo szenariobezogene Einleitungs-, Bindungs- und Adaptionstrategien unter Verwendung expliziter und impliziter Kanäle („Emotional Adaption Approach“) zur Erzeugung altruistischen Verhaltens entwickelt und realweltlich zur Anwendung gebracht, die auf der Erzeugung von Empathie und Ähnlichkeit beruhen, welche zum Teil in Vorarbeiten bereits im Kontext von Hilfsbereitschaft (Mensch-Roboter) erfolgreich für naive Nutzer umgesetzt wurden (Kühnlenz et al., 2013). Hier soll insbesondere ein Beitrag zur Erhöhung von prosozialem Verhalten, Vertrauen und letztlich Akzeptanz sowie Vandalismusprävention geliefert werden, die im Rahmen des Einsatzes von Assistenzrobotern im öffentlichen Raum hochrelevant sind.

Ein Modell, das den Einstellungswandel in Bezug auf die menschliche Informationsverarbeitung beschreibt, ist das Elaboration Likelihood Model (ELM) der persuasiven Kommunikation (Petty and Cacioppo, 1986). Nach ELM sind neben situativen Faktoren (zB persönliche Relevanz, Beteiligung und Verantwortung) auch individuelle Faktoren wie ein intrapersonales „Kognitionsbedürfnis“ die Determinanten, welche von zwei möglichen Wegen der Informationsverarbeitung (Elaboration) zur Einstellungsänderung verfolgt werden: entweder über eine kognitive Strukturänderung (zentral) oder über eine periphere Einstellungsänderung. Während die Cognitive Dissonance Theory hauptsächlich in zwischenmenschlichen Studien untersucht und in der Medien- und Werbepsychologie bislang weit verbreitet ist, wurden ELM sowie andere Überzeugungsstrategien bereits erfolgreich im Bereich der sozial assistierenden Robotik eingesetzt (Winkle et al., 2019). Im Rahmen des Kompetenzzentrums wird eine derartige Form der Persuasion umgesetzt, wobei dispositionale Parameter (wie z.B. Need for Cognition im Rahmen der Umsetzung des ELM) der Nutzer vorab bei deren Registrierung für den Zugang zu den angebotenen Services einmalig erhoben werden. Moderne Lösungen im Bereich der kommerziellen mobilen Robotik lassen sich in zwei Hauptkategorien einteilen: Lieferroboter und soziale Roboter. Die Auslieferung von Waren ist in der Regel auf Anwendungen in Innenräumen beschränkt, meist in in-

	W3	Pepper	DustCart	Husky UGV	Spot	IURO	PillBot	ProVeRo
Company	Keenon	SoftBank Robotics	ROBO TECH	ClearPath Robotics	Boston Dynamics	IURO Consortium	ACCREA	ProVeRo Spin-off
<b>General</b>								
TRL	9	9	7	9	9	8	6	2
Status	On the market	On the market	R&D Project	On the market	On the market	R&D Project	R&D Project	
Purpose	Goods-delivery	Entertainment	Garbage collecting	Multi-purpose R&D	Inspection	R&D	Hospital logistics	Accompanying Service
Price [EUR]	18 700	11 600	N/A	22 000	63 175	N/A	N/A	TBD
<b>Performance</b>								
Max. speed [m/s]	1,0	1,5	1,25	1,0	1,6	1,6	1,0	TBD
Payload [kg]	Unknown	0,5	15	75	14	N/A	30	TBD
Environment	Indoor	Indoor	Outdoor	Outdoor	Outdoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
Runtime	9 hrs	12 hrs	10 hrs	3 hrs	1,5 hrs	4 hrs	2 hrs	TBD
<b>Social Interaction</b>								
Visual	Yes	Yes	Yes	No	No	Limited	Yes	Yes
Vocal	Yes	Yes	Limited	No	No	Yes	No	Yes
Smartphone App	Yes	No	Yes	No	No	No	No	Yes

**Tabelle 6.1:** Übersicht an ausgewählten Robotersystemen und Abgrenzung von ProVeRo.

dustriellen Lagerhallen, wobei neue Anwendungsfälle im Gesundheitswesen entstehen. Diese Szenarien werden von robusten, langlebigen Robotergeräten ausgeführt, die auf die Zuverlässigkeit der Aufgabenerfüllung und klare Anweisungen nach bekannten Kriterien abzielen; soziale Funktionalitäten entfallen somit. Auf der anderen Seite ist der Markt gesättigt mit Robotergeräten, die auf eine intuitive Mensch-Maschine-Interaktion abzielen, denen aber aufgabenorientierte Funktionalitäten fehlen. Das Ziel des ProVeRo-Projekts ist es, die Lücke zwischen diesen beiden Gruppen zu schließen, indem ein Dienst eingeführt wird, der eine fließende und intuitive begleitende Beförderung von Waren ermöglicht. Im Mittelpunkt steht ein neuartiger Roboterträger, der auf den Erkenntnissen aus früheren und aktuellen Projekten der Mitglieder des Konsortiums (IURO, PillBot) basiert.

## 6.2.2 Vorteile gegenüber konkurrierenden Lösungsansätzen

Das Kompetenzzentrum besitzt aufgrund des geplanten Reallabors Alleinstellungscharakter. Insbesondere die Möglichkeit zur Durchführung realweltlicher Longitudinalstudien in schwach strukturierten öffentlichen Räumen in Außenumgebungen wie z.B. Fußgängerzonen über lange Zeiträume in Verbindung mit groß angelegten Akzeptanzstudien zur Untersuchung der Entwicklung der öffentlichen Meinung sowie

die Möglichkeit der Einbindung weiterer Roboter möglicher industrieller Interessenten hebt das Vorhaben von existierenden ab.

Konformität mit den entsprechenden Normenwerken zu Maschinensicherheit im allgemeinen und kollaborierenden Systemen im speziellen wird sichergestellt. Im Speziellen ist neben konstruktiven Sicherheitsmerkmalen wie z.B. Soft Covers die Begrenzung robotischer Fortbewegungsgeschwindigkeiten auf die des menschlichen Vorbilds und auf Grenzwerte in Bezug auf das finale mechanische Roboterdesign vorgesehen. Weiterhin kommen entsprechend zertifizierte Sensoren (z.B. Annäherungssensoren) zum Einsatz, um Kollisionen zu vermeiden. Soweit möglich werden im Rahmen der Systemanpassung nicht-maskierbare Interruptsteuerungen für die low-level Reaktivität (z.B. Hindernisvermeidung) angestrebt.

### 6.2.3 Risikodarstellung

Das Haupthindernis, das direkt mit ProVeRo verbunden ist, besteht in der potenziell geringen Akzeptanz ubiquitärer und (teil-)autonomer Robotertechnologie. Dies hängt zum einen mit Bedenken bezüglich der Privatsphäre zusammen, die eines der Kernthemen von ProVeRo ist, die Personalisierung und Anpassung an den aktuellen Kontext abwägen, um den Benutzern das Gefühl zu geben, so privat zu sein, wie es die aktuelle Situation erfordert. Auf der anderen Seite neigen Menschen dazu, Robotern mit hochvorhersehbarem Verhalten (z.B. Industrierobotern) mehr zu vertrauen als Robotern mit bis zu einem gewissen Grad autonomem Verhalten und kognitiven Fähigkeiten, da eine höhere Variabilität der erzeugten Roboteraktionen zu verschiedenen Manifestationen von Roboterangst führt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass die Roboteraktion dem Benutzer klar kommuniziert wird und das offene Roboterverhalten und die Erwartungen der Benutzer an den Roboter zusammengeführt werden. Ebenso wichtig ist in diesem Zusammenhang die Vermittlung neuer technologischer Entwicklungen an die breite Öffentlichkeit, insbesondere in den Massenmedien. ProVeRo wird durch entsprechende Disseminationsaktivitäten dazu beitragen, solche Hindernisse abzubauen.

Im Hinblick auf eine breitere Anwendung von autonomen Servicerobotersystemen in unserer Gesellschaft im öffentlichen Raum sind verschiedene Fragestellungen ungelöst:

- **Haftpflcht/Zulassung/Versicherung:** Der Rechtsstatus autonomer oder teilautonomer Fahrzeuge ist derzeit noch weitgehend unklar. Während die Haftung nach geltendem Recht in der Regel dem Betreiber von Fahrzeugen oder Anlagen zugerechnet wird, gilt dieses Paradigma bei autonomen Fahrzeugen nicht. Mit dem Aufkommen autonomer Fahrzeuge bewegen sich Versicherungen und Gesetzgebung jedoch in Richtung neuer Vorschriften. Diese Vorschriften werden wahrscheinlich durch eine breite kommerzielle Einführung der Roboter in Kraft treten. Bei Experimenten im Rahmen des Projekts werden die Roboter immer vom ProVeRo-Team betreut und stehen unter ständiger Aufsicht eines Technikers mit Einsatz in definierten täglichen Zeitfenstern.
- **Datenschutz und Privatsphäre:** Mit dem Vorhandensein von Robotern und ihrer Fähigkeit, Daten zu sammeln und zu speichern, ist ein Missbrauch dieser Daten ein mögliches Szenario. Obwohl größtenteils durch die Datenschutzgesetze der europäischen Länder geregelt, ist es im Allgemeinen schwierig, Daten nachzuverfolgen und somit sicherzustellen, dass sie nur im Rahmen ihres rechtmäßigen Zwecks verwendet werden. Gleichzeitig bilden aber auch rechtmäßige Auswertungen von persönlichen Daten und die darauf basierende Erstellung von Nutzerprofilen, die tiefe Einblicke in die Persönlichkeitsmerkmale der Nutzer erlauben, gängige Praktiken in einer digitalisierten Welt. Hierin kann ein wichtiger Faktor des Misstrauens seitens der Nutzer liegen. Diese Probleme sind jedoch nicht spezifisch für Roboter, sondern eher allgemeine Probleme der digitalisierten Welt. Die ethische Analyse und Akzeptanzstudie von Assistenzrobotern muss sich mit dem Umgang mit den erfassten Daten auseinandersetzen und Antworten auf die Frage finden, wie der Schutz der Privatsphäre als vertrauensfördernde Maßnahme durch Mechanismen echter informierter Einwilligung gewährleistet werden kann.
- **Witterungssichere Konstruktion und Funktion des Roboters:** Eine große Herausforderung für einen kommerziell einsetzbaren Roboter ist die Konstruktion der Roboterhardware, die widrigen Witterungsbedingungen standhalten muss. Dies ist eine Herausforderung, die nach Abschluss des Projekts angegangen werden muss. Um die wissenschaftlichen Fragestellungen des Forschungsprojekts best-



möglich beantworten zu können, hat sich das Konsortium entschieden, diese Themen im Projektverlauf in Bezug auf das Carrier-Szenario zu vernachlässigen und den Betrieb nur während entsprechender Witterungsverhältnisse zu ermöglichen.

- **Vandalismus:** In Bezug auf den Betrieb von Roboter im öffentlichen Raum ist die mutwillige Beschädigung ein bekanntes Problem. Wenngleich derartige Aspekte nicht vollständig vermeidbar sein werden, sollen die Beiträge dieses Zentrums in Richtung prosozialer Interaktionssteuerung und partizipatorischer Formate zu Ethik und Akzeptanz von Robotern im öffentlichen Raum dazu beitragen, Vandalismus zu reduzieren. Aus letzteren soll auch ein wesentliches Teilergebnis des Zentrums abgeleitet werden, um Empfehlungen für die zukünftige Roboterentwicklung zu geben.
- **Verbale Kommunikation unter Outdoor-Bedingungen:** Erfahrungsgemäß kann es in Außenumgebungen wie in früheren Projekten aufgetreten aufgrund von Umgebungsgeräuschen zu stark verminderter Spracherkennungsperformanz kommen. Um hier mit einfachen effektiven Maßnahmen Abhilfe zu schaffen, ist die Integration von Headsets geplant – entweder über die Kommunikation mit der Smartphone App oder mittels Bereitstellung von Bluetooth-Headsets für registrierte Nutzer.

### 6.3 Wissenschaftliche und technische Methoden sowie Arbeitsziele des Kompetenzzentrums

Das Hauptziel des Kompetenzzentrums ist, dazu beizutragen, Barrieren bzgl. eines Assistenzrobotereinsatzes im öffentlichen Raum, der zukünftiges Roboter Sharing verbunden mit vielfältigen Services ermöglichen soll, um robotische Assistenz für die Allgemeinheit wirtschaftlich zugänglich zu machen, abzubauen. Hierzu gehören insbesondere Akzeptanz und User Experience, die im Rahmen des Kompetenzzentrums durch sozialpsychologisch motivierte Alignmentmethoden und Integration von Erklärungsstrategien des Roboters verbessert werden sollen. ProVeRo verfolgt ein integriertes Konzept aus einem neuartigem Robotersystem, das soziale Interaktion und begleitende Services wie insbesondere Tragehilfe in Außenumgebungen im öffentli-

chen Raum gleichermaßen bietet, mit individueller Anpassung an den menschlichen Nutzer vereint.

Der Ansatz, diese Ziele zu erreichen ist dreigeteilt:

### **1. Realisierung und Betrieb eines Reallabors für innerstädtisch verteilte Roboterassistenz:**

Das Reallabor soll einerseits ermöglichen, die geplanten multimodalen Interaktionsstrategien aus Vorarbeiten umzusetzen, in der Praxis zu erproben und erste Erfahrungen mit realen on-line buchbaren Services zu sammeln sowie weiterhin die Einbindung weiterer Einheiten von möglichen zukünftigen Partnern oder Klienten einzubinden und unter realweltlichen Bedingungen zu testen. Hierbei wird auf bereits existierenden Robotersystemen (begleitende Tragehilfen) aufgesetzt und eine Dateninfrastruktur aufgebaut, die die Roboter miteinander und mit einer zentralen Kontrolleinrichtung sowie weiteren Zugriffseinheiten wie z.B. Smart Phones (z.B. via App) vernetzt (4G/5G, LoRaWAN), die derartige Services ermöglicht. Hierbei werden die Roboter aus Sicherheitsgründen im laufenden Betrieb kontinuierlich zentral durch Techniker überwacht. Für den Betrieb sind daher aus Aufwands- und Sicherheitsgründen zunächst tägliche Zeitfenster von nur einigen Stunden für ein Serviceangebot geplant.

Die Interaktionsstrategien fusionieren Ansätze proaktiver emotionaler Anpassung (explizit/implizit) an den Nutzer sowie die Transparentmachung robotischer Funktion und Handlung während der Aufgabenbewältigung. Erstere beinhaltet die Realisierung von Ähnlichkeiten und Empathie mit bzw. gegenüber dem Roboter durch entsprechende Dialog- und Bewegungssteuerung. Dies wird z.B. eine Anpassung der Bewegungsprofile des Roboters an situative Parameter des Nutzers beinhalten, Bindungsphasen in der Dialogsteuerung, das dialoggestützte Finden von Gemeinsamkeiten, Zusammenführung von Erwartungen des Nutzers mit realen Aktionen des Roboters, etc. Letztere beinhaltet verbale Signale bzw. Informationen des Roboters an den Nutzer zur Erhöhung des Vertrauens, insbesondere in ambigen Situationen (z.B. Roboter bleibt plötzlich stehen, weil ein bewegtes Objekt seitlich herannaht (mit LRF erfasst), das der Roboter passieren lassen möchte, das der Nutzer aber nicht wahrgenommen hat (geschlossen aus der erfassten Bewegung des Nutzers); die überraschende robotische Aktion wird daher durch entsprechende Erklärungen unterlegt). Hierbei ist eine Schätzung der Abweichung von Erwartung und Realität auf Basis von Nutzermodellen, die

mit dispositionalen und situativen Parametern unterfüttert werden, vorgesehen. Zur Realisierung der Interaktionsstrategien wird weitgehend auf vorhandenen Modulen aufgebaut. Die Erfassung dispositionaler menschlicher Parameter als Grundlage für die Alignmentstrategien werden bei Registrierung des jeweiligen Teilnehmers für die Teilnahme an dem Serviceangebot erfasst.

**2. Realweltliche Studien mit naiven Nutzern und Roboterethik unter Einbezug der Öffentlichkeit:** Während des Betriebs des Reallabors werden kontinuierlich Studien durchgeführt, durch die die Interaktion und deren Ausgang bewertet werden soll, woraus Schlüsse bzgl. Effektivität und zukünftige Designrichtlinien abgeleitet werden sollen. Hierzu gehören die Erfassung massiver Datenströme, z.B. von (Fort-)Bewegungen von Robotern, Nutzern und Dritten, um wechselseitigen Einfluss zu analysieren, die multimodale Interaktion (verbale und non-verbale (Mimik, Gestik) Kommunikation) sowie der Einfluss der partizipativen Formate auf die Einstellung der Allgemeinheit bzgl. der Roboter im öffentlichen Raum, die sich voraussichtlich in Änderungen des Umgangs mit den Robotern bzw. dem generellen lokalen Koexistenzverhalten niederschlagen wird. Die Entwicklung entsprechender Metriken und Benchmarks ist Teil eines Arbeitspakets. Unter anderem ist eine Idee, die globale Entwicklung von Bewegungsprogressionen der Menschen gegenüber den Robotern zu untersuchen (z.B. wie weit sind Menschen bereit, in verschiedene soziale Abstandsniveaus zum Roboter vorzudringen und wie bewegen sich Menschen generell unter Präsenz des Roboters in Abhängigkeit des Fortschritts des Projekts unter Fortführung des öffentlichen Diskurses; gibt es hierbei sichtbare Unterschiede und Entwicklungen, aus denen Akzeptanzparameter und Entwicklungsrichtlinien abgeleitet werden können, etc.). Hierbei werden aus Datenschutzgründen ausschließlich abgeleitete Daten gespeichert (z.B. Positionsverläufe, erkannte Gesichtsausdrücke, Körperposen, etc.) und die Rohdaten (z.B. visuelle Daten) noch vor Ort verworfen. Es erfolgt jeweils eine Befragung des Nutzers durch den Roboter vor bzw. nach der Aufgabenausführung mit freiwilliger Teilnahme zur Erhebung subjektiver Daten zu User Experience und Akzeptanz. Hierbei ist auch ein Longitudinalanteil geplant, wobei frühere und künftige intraindividuelle Datensätze z.B. durch Nutzernamen und Passwort oder andere Authentisierungsmethoden, die im Projektverlauf untersucht werden, verbunden werden. Flankiert wird dies durch punktuelle Befragungen durch Versuchsleiter.

In regelmäßigen Abständen nach Etablierung des Reallabors und bei kontinuierlicher Durchführung von Services wird der Kreis über die öffentliche Meinung geschlossen und es werden partizipatorische Formate durchgeführt, die die Öffentlichkeit einbeziehen, einerseits zur Information und Aufklärung der Öffentlichkeit und andererseits zur Erfassung des jeweils aktuellen Stands und Verfolgung möglicher Änderungen von Akzeptanz und sozialen Implikationen, um die Effektivität der Interaktionsmechanismen und die Koexistenz von Menschen und Robotern in dem avisierten Szenario nicht nur in Einzelfällen, sondern bzgl. deren Wirkung auf die (bzw. Teile der) Gesellschaft insgesamt zu beurteilen.

Das übergreifende Ziel dieser partizipatorischen Formate besteht darin, die wertorientierte Gestaltung der konkreten Assistenzrobotik-Szenarien in einen möglichst breiten Diskurs mit der Öffentlichkeit einzubetten – auch, um einen „kollektiven Reflexionsprozess über wünschenswerte Ziele“ eines Lebens mit ubiquitärer Robotik im Kontext des Alterns und von Behinderung in Gang zu setzen und so gezielt „gesellschaftliche Reflexions- und Kritikkapazitäten“ fruchtbar zu machen (Kehl 2018, S.158, Wehling 2010). Die partizipatorischen Formate des Konsortiums sollen einerseits den Diskurs der technikethischen Fragen strukturell und iterativ an den Gestaltungsprozess der technischen Anwendung binden. Zugleich sollen sie dem in den aktuellen Debatten um Pflegerobotik bemängelten Fehlen eines breiten gesellschaftlichen Austausches über wünschenswerte Forschungs- und Entwicklungsziele entgegenwirken (u.a. Kehl 2018, S. 152): Es sollen explizit auch die übergreifenden, gesellschaftlich dringlichen ethischen Fragen wie *„Wie wollen wir im Alter leben? Wie stellen wir uns gutes Alter vor?“* diskursiv erforscht und dabei gleichwohl auf die Robotik-Szenarien des Kompetenzzentrums zurückbezogen werden, um in deren Gestaltung auch die relevanten soziokulturellen Aspekte mit einfließen zu lassen (Remmers 2018, S. 162–164). Das Konsortium verfolgt daher einen erweiterten ELSI-Ansatz unter Berücksichtigung und Weiterentwicklung aktueller Governance-Ansätze, um die Untersuchung der ethischen Fragen einer technischen Anwendung nicht als vom eigentlichen Forschungsgeschehen abgekoppelte Begleitforschung zu betreiben, sondern als konstruktiven Faktor strukturell in den Forschungsprozess einzubetten (Kehl 2018, S. 150-152).

Über die partizipatorischen Formate werden die ethischen Fragen von interaktiven Assistenzrobotern in drei miteinander zusammenhängenden Dimensionen erforscht: als Designfaktoren des User Centered Design, als das Individuum betreffende (technik-)ethische Fragen sowie als gesellschaftliche Fragen ubiquitärer Robotik auf der Makroebene. Den Ausgangspunkt bilden die einschlägigen, in den Fachdebatten diskutierten, verallgemeinerbaren ethischen Bewertungskriterien autonomer Assistenzsysteme wie Selbstbestimmtheit und Unabhängigkeit, das übergreifende normative Prinzip der Menschenwürde, die Entfaltungsmöglichkeiten der Persönlichkeit, Vertrauen, Privatsphäre, soziale Teilhabe und Aspekte wie Sicherheit, Gesundheit sowie subjektiv empfundenes Wohlbefinden und Lebensqualität (Remmers 2018, S. 164; Kreis 2018, Körtner 2016, Bendel 2019). Daran orientiert sollen die Ergebnisse des initialen Diskurses mit Stakeholdern und der Öffentlichkeit bereits zu Anfang des Projekts in den Prozess des User Centered Design des Robotikszenarios einfließen. Der auf diesem Wege angepasste Prototyp wird im Verlauf des Projektes durch einen erneuten diskursiven Austausch über die ethischen Fragen mit den Stakeholdern und der allgemeinen Öffentlichkeit iterativ weiterentwickelt. Dabei wird insbesondere auch der vertrauensfördernde Aspekt des Schutzes der Privatsphäre im Umgang mit persönlichen Daten (von der Erfassung und Speicherung bis zu deren Auswertung) als zentraler zu diskutierender Akzeptanzfaktor in den Prozess des User Centered Design einfließen.

Die partizipativen Formate des Konsortiums dienen explizit auch der breiteren gesellschaftlichen Erörterung der individuellen und gesellschaftlichen Ziele des Einsatzes von Assistenzrobotik. Aus der Perspektive des Individuums eröffnen die technischen Möglichkeiten der Assistenzrobotik eine Ausweitung der menschlichen Selbstbestimmung unter den Bedingungen des Alterns und der Behinderung und eröffnen so neue Möglichkeiten der persönlichen Entfaltung und der sozialen Teilhabe. Damit gehen auch Horizonte gesteigerter Lebensqualität einher, aber es entstehen auch Spannungsfelder, so etwa bei der Abwägung des potenziell konfligierenden Schutzes der Privatsphäre, wobei diese Abwägung unter Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen des Alterns und der Behinderung getroffen werden muss. Die Erforschung dieser Spannungsfelder einschließlich ihrer Ambivalenzen und Dilemmata ist ein explizites Ziel der partizipatorischen Formate. Ihre philosophisch präzise Ausformulierung orientiert sich

methodisch an der philosophischen Erforschung der strukturell unauflösbaren Zwiagespaltenheit moderner Sinnvorstellungen und Vorstellungen des guten Lebens durch Kriza (2018). Diesen ambitionierten, aber durchführbaren Ansatz weiterentwickelnd wird die Untersuchung der ethischen Fragen der Assistenzrobotik an eine generelle philosophische Erkundung der Potentiale des Alterns und des guten Lebens im Alter gekoppelt. In engem methodischen und inhaltlichen Zusammenhang hierzu steht auch die Untersuchung der gesellschaftlichen Fragen ubiquitärer Robotik: Zur Veränderung der tradierten soziokulturellen Vorstellungen des Alterns und der Hilfsbedürftigkeit durch die Fortschritte der modernen Technik finden sich in den transhumanistischen Debatten um die Potenziale eines technisch erweiterten menschlichen Lebens wichtige Anknüpfungspunkte, die sich auf die konkreten Anwendungen der Assistenzrobotik übertragen lassen. Der Bedarf an breiteren gesellschaftlichen Diskursen zu diesen Themen, die zugleich auch zur Versachlichung und Neuorientierung der durch spekulative futuristische Extremszenarien geprägten Vorstellungen der Pflegerobotik beitragen sollen, wird auch in den einschlägigen Fachdebatten um die Pflegerobotik geäußert (Kehl 2018, S. 155-156). Vielversprechende Forschungsperspektiven bietet außerdem das bislang wenig erforschte Feld des Robot Nudgings (Devillers, 2021, Borenstein and Arkin, 2016), als Übertragung der einflussreichen Überlegungen von Thaler and Sunstein (2009) und der dazugehörigen Debatten um den libertären Paternalismus (Conly, 2016) auf das Feld der Assistenzrobotik, mit dem Ziel einer möglichst präzisen Herausarbeitung der Trennlinie zwischen einer ethisch problematischen Beeinflussung durch Technik und einer ethisch vertretbaren institutionellen Förderung („Nudging“) der sozialen Teilhabe, der Gesundheit und des subjektiven Wohlbefindens.

Als Arbeitsergebnis wird die Erstellung einer philosophisch fundierten und differenzierten ethischen Analyse und Akzeptanzstudie angestrebt, die normative Orientierung bietet und idealerweise auch konkrete Leitlinien enthält. Die partizipatorischen Formate werden u.a. aus einer Reihe von Veranstaltungen bestehen, die eingebettet in regelmäßig stattfindende philosophische Diskussionsreihen z.B. als Podiumsdiskussionen mit Publikumsbeteiligung durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden verschriftlich, über qualitative Methoden ausgewertet und in die Forschungsprozesse des Kompetenzzentrums einbezogen. Die Veranstaltungen werden der allgemeinen Öffentlichkeit offenstehen, sie sind zugleich in der Hochschullehre und im hochschulinternen For-

schungsaustausch an der OTH Regensburg und der HS Coburg verankert. Dies folgt einem ausformulierten Konzept von Philosophie und Ethik als integralen Bestandteilen der Lehre und Forschung in den angewandten Wissenschaften (Kriza 2019). Die Veranstaltungen bauen auf Formaten auf, die seit 2015 an der HS Coburg etabliert sind und analog dazu auch an der OTH Regensburg eingeführt werden. Begleitet werden die Veranstaltungen durch interdisziplinäre (fach-)philosophische und publizistische Veröffentlichungen (z.B. analog zu Bastian 2018).

### **3. Geschäftsmodelle und Dienstleistungen:**

Im Rahmen des Projekts wird ein Geschäftsplan entwickelt und ständig aktualisiert, der Anwendungsbereiche im Zusammenhang mit persönlichen Assistenzrobotern abdeckt. Verschiedene Geschäftsmodelle (z. B. direkter Verkauf von Robotern oder Dienstleistungen, Vermietung von Robotern als Service, Verkauf oder Vermietung an andere Unternehmen/Vertriebspartner) werden ausgearbeitet und bewertet. Der geografische Geltungsbereich des Geschäftsplans wird global sein, um alle relevanten Märkte abzudecken. Eine Marktanalyse wird erstellt und jedes Jahr aktualisiert, mit besonderem Augenmerk auf die kontinuierliche Beobachtung der direkten und indirekten Wettbewerbsentwicklungen, der unterschiedlichen Preise und Funktionalitäten anderer Roboter, der spezifischen Marktcharakteristika, der technologischen Korridore und Progressionen möglicherweise konkurrierender Technologien, der Bedarfstrends der Nutzer, der demografischen Trends, der staatlichen Bestimmungen und der Subventionierung der relevanten Kosten, der Strategien der großen Marktteilnehmer, des Verhaltens unserer potenziellen Endnutzer und Kunden usw. Die Kommerzialisierungs-Roadmap beinhaltet die Bildung strategischer Partnerschaften mit Akteuren nicht nur im offensichtlichen Bereich der städtischen unterstützenden Begleitung, sondern auch in den Bereichen Unterhaltung, Stadtführung, Werbelösungen. Unsere Strategie wird auf unseren Alleinstellungsmerkmalen wie der Markteinführungszeit, der Benutzerfreundlichkeit, der Modularität und den geringen Kosten des ProVeRo aufbauen. Wir planen, als erster Anbieter auf den Markt zu kommen und eine Marktreferenz in dieser Nische zu sein. Wir werden ProVeRo sowohl auf wissenschaftlich relevanten Konferenzen als auch auf kommerziellen Geräteausstellungen vorstellen. Da der Markt für assistive Serviceroboter noch in den Kinderschuhen steckt, kann ProVeRo als ein bemerkenswerter Katalysator betrachtet werden, um diesen neuen Markt zu formen

und einen breiteren Einsatz von relevanten Systemen zu erreichen. Was den geplanten ProVeRo-Roboter betrifft, so soll er bis zum Ende des Projekts TRL8 erreichen. Wir werden weiterhin unser Portfolio mit mehr geschäftsorientierten Produkten und Dienstleistungen bereichern, indem wir ultra-modulare Folgeprodukte mit erhöhtem Personalisierungspotenzial entwickeln und unseren Anwendern mehr Lösungen anbieten. Schließlich werden wir auf die Kennzeichnung und Zertifizierung des Produkts in Richtung CE-Zertifizierung hinarbeiten.

Die konkreten Ergebnisse dieser Aktivitäten werden sein:

- Jährliche Marktanalyse: mindestens Wettbewerbs- und Lückenanalyse, Markttrends.
- Mapping der relevanten Stakeholder, potenzielle strategische Partner, Vertriebskanäle und lokale Distributoren,
- Jährliche Überarbeitung des Geschäftsplans: mindestens Geschäftsmodell, Canvas, Wertschöpfungskette, Gewinn- und Verlustrechnung, 3 alternative Szenarien, 6 ökonomische Indikatoren.

Das Gesamtziel ist es, das Wissen und die Expertise aller Partner in greifbare Werte umzuwandeln und ProVeRo darauf vorzubereiten, langfristig als Start-up gegründet zu werden.

## 6.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

### 6.4.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten

#### **Wissenschaftliche Erfolgsaussichten in der Anwendungsdomäne:**

Das zu etablierende Reallabor ist international ein Alleinstellungsmerkmal. Es bietet vielfältiges Potenzial für Erforschung von Nutzererfahrungen, neuartigen Steuerungs-, Interaktions- und Adaptionsmechanismen sowie Longitudinalstudien im Hinblick auf die in 6.1.2 skizzierten Forschungsthemen. In dieser Hinsicht sind ein hoher wissenschaftlichen Impact sowie hohe internationale Sichtbarkeit zu erwarten, die sich in vielfältigen Publikationen in hochrangigen internationalen Journalen und Konferenzbänden sowie Dissertationen niederschlagen werden. Wo immer möglich werden Datensätze aus den Interaktionsstudien der Fachwelt zur Verfügung gestellt.



**Wirtschaftliche Erfolgsaussichten:**

Die Etablierung öffentlich zugänglicher interaktiver Service-Roboter im öffentlichen Raum, die eine Vielfalt von Diensten zur Verfügung stellen, stellt einen wesentlichen Schritt dar, aktuellen und zukünftigen Herausforderungen in Bezug auf den Demographischen Wandel zu begegnen und den hohen Bedarf an Unterstützungsleistungen zu decken. Hier soll das Kompetenzzentrum kurz- und mittelfristig einen entscheidenden Beitrag leisten, wobei zunächst begleitende Tragedienste im Fokus stehen. Neben älteren Menschen kommen eine Mehrzahl weiterer Gruppen in Betracht (Eltern, Menschen mit körperlichen oder kognitiven Einschränkungen, usw.). Langfristiges Ziel ist eine Kooperation von Nutzern mit einem heterogenen Netzwerk einer Vielzahl von Robotern mit unterschiedlichen Fähigkeiten, die in ferner Zukunft neben begleitenden kooperativen Services auch von autorisierten Nutzern beauftragt werden können, andere Dienste für diese zu verrichten.

Accrea Engineering hat bereits mehrere Robotersysteme aus früheren Projekten kommerzialisiert und wird die zentrale Rolle bezüglich der Einführung der Technologie übernehmen.

**6.4.2 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont**

Die Hochschule Coburg hat seit 2007 durch den gezielten Auf- und Ausbau von interdisziplinären und fachbereichsübergreifenden Forschungsschwerpunkten sowie die Gründung von interdisziplinären Forschungsinstituten erhebliche Anstrengungen unternommen, um die angewandte Forschung zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen voranzutreiben. Sie hat daher Forschungsschwerpunkte in den Themenfeldern „Gesundheit analysieren und fördern“, „Mobilität und Energie“ sowie „Sensorik und Analytik“ etabliert. Der Bereich Mensch-Maschine-Systeme erstreckt sich hierbei über alle drei Schwerpunkte mit einer Reihe von beteiligten Professuren (u.a. Prof. Grubert, Prof. K. Kühnlenz, Prof. B. Kühnlenz, Prof. Streuber) und zentralen Einrichtungen wie z.B. dem Usability Lab.

Aktuell wird an der Hochschule Coburg mit einer Querschnittsfunktion ein neues KI Zentrum implementiert, wobei eine substanzielle Ausstattung mit Mitteln der Hightech Agenda Bayern erfolgen wird, hierunter zwei Professuren und mehrere

Mitarbeiterstellen. Das KI Zentrum fungiert als Ansprechpartner und Partner für die regionale Industrie in Bezug auf sämtliche KI-spezifischen Aspekte. Es ist aufgrund der inhaltlichen Nähe vorgesehen, das Kompetenzzentrum dauerhaft innerhalb dieses Zentrums anzusiedeln mit entsprechender Nutzungsmöglichkeit von Ressourcen, wobei der Mensch-Roboter-Interaktionsteil mit den in dieser Machbarkeitsstudie fokussierten Schwerpunktthemen innerhalb des KI Zentrums in den Bereich des Kompetenzzentrums verlagert wird.

In dieser Weise soll das Kompetenzzentrum insbesondere als Multiplikator für weitere Drittmiteleinwerbungen fungieren, die das Zentrum neben den zentralen Mitteln dauerhaft tragen. Bei entsprechender Drittmittellage ist geplant, das Kompetenzzentrum strukturell in Form eines weiteren In-Instituts der Hochschule Coburg zu etablieren orientiert am Modell des erfolgreichen Institut für Sensor- und Aktortechnik (ISAT). Das geplante Forschungsvorhaben ist ideal in das Forschungsprofil der Hochschule eingebunden. Durch die jeweilige Mitgliedschaft der beteiligten Professoren werden unmittelbar mehrere Forschungsschwerpunkte der Hochschule adressiert und auch zwei Forschungsinstitute der Hochschule thematisch und institutionell vernetzt. Durch diese bereits bestehende interne Vernetzung ist eine vielversprechende Grundlage geschaffen um das Forschungsthema nachhaltig zu etablieren und auszubauen, insbesondere im Bereich KI und Mensch-Maschine-Systeme. Die Hochschulleitung verspricht sich dadurch neue Kooperationen innerhalb und außerhalb der Hochschule.

Administrativ unterstützt hinsichtlich des Transfers wird das Kompetenzzentrum von dem hochschulinternen ForschungsTransferCenter (FTC). Durch diese Kooperation werden Voraussetzungen für langfristige Zusammenarbeiten gelegt. Die Möglichkeiten für eine Anschlussförderung durch zahlreiche Förderprogramme (BMBF, BMEL, Landesprogramme, DFG, KMU, ZIM, Forschungsstiftung, EFRE/EU) sind gegeben. Die Hochschule unterstützt die Initiierung von Folgeprojekten und stellt die entsprechende Infrastruktur dafür zur Verfügung. Die Hochschulleitung wird sich regelmäßig durch die Übernahme erforderlicher Eigenanteile finanziell an Projekten zu diesem Forschungsthema beteiligen.

Die zentralen Kompetenzen, wirtschaftlich relevanten Beiträge und vorgesehenes Leistungsangebot des Kompetenzzentrums sind:

- Bereitstellung eines Reallabors mit den Schwerpunkten interaktive mobile Service-Robotik und intelligente Fahrsysteme zur Untersuchung neuer Interaktionssteuerungsstrategien mit naiven Nutzern im öffentlichen Raum.
- Entwicklung domänenspezifischer prosozialer und Trust-fördernder Interaktionsstrategien auf Basis sozialpsychologisch fundierter Ansätze zur Verbesserung von Nutzererfahrung und Akzeptanz.
- Design, Betreuung und Auswertung von Interaktionsstudien.

Zielbranchen sind mobilitätsbezogene Unternehmen wie die Deutsche Bahn AG, die bereits am Shuttle-Szenario beteiligt ist, und regionale Automobilzulieferer, wobei Ergebnisse des Kompetenzzentrums in die Entwicklung neuartiger Interaktionssteuerungsstrukturen von Produkten wie z.B. Assistenzsysteme einfließen, kleinere KMU und Manufakturen wie insbesondere die regionalen, Pflegeeinrichtungen, u.a. in Verbindung mit karitativen Trägern, und der lokale Einzelhandel.

Es ist geplant, erste Leistungen ab M13 anzubieten, sobald die Realisierungen der Demonstratorplattformen erfolgt sind. Diese werden zunächst insbesondere in der Erprobung unternehmensseitiger Interaktionskonzepte erfolgen. Ab M25 sind Implementierungen und domänenspezifische Adaptionen von ersten prosozialen und Trust-fördernden Architekturen im Bereich der Interaktion mit mobilen Robotern vorgesehen, wobei hier eine Intensivierung der bereits vielfältig vorhandenen Kooperationen mit Valeo angestrebt werden. Nach M36 soll sich das Kompetenzzentrum in seiner Vollausbaustufe befinden und auf Basis des o.g. Leistungsangebots selbständig tragfähig sein.

## 6.5 Struktureller Aufbau des Verbundes

### 6.5.1 Bisherige Arbeiten und Vorerfahrungen der Verbundpartner

Innerhalb des **leitenden Partners Hochschule Coburg (CO)** werden sich mehrere Professuren an dem Kompetenzzentrum beteiligen, so dass die notwendige interdisziplinäre Expertise in Richtung Ingenieurwissenschaften (Systementwicklung), Informatik (Datenmanagement und -sicherheit), Psychologie (Interaktionsmodelle und Nutzerstudien), Ethik und Nachhaltigkeit bereits im Hause vorhanden ist: Prof. Kolja Kühnlenz (Forschungsprof. Assistenzrobotik & Mensch-Roboter-Interaktion), Prof. Jens Grubert (Forschungsprof. Mensch-Maschine-Interaktion im Internet der Dinge), Prof. Thomas Wieland (in Personalunion Leiter, Fraunhofer Anwendungszentrum für drahtlose Sensorik, Forschungsprof. Telematik und Identitätsmanagement), Prof. Barbara Kühnlenz (Transfer sozialpsychologischer Theorien und Begleitforschung zu User Experience, Usability und Akzeptanz), Prof. Stefanie Wrobel (Entrepreneurship). Grundsteine des Kompetenzzentrums bilden u.a. die langjährige Forschungslinie des Projektleiters mit von der internationalen Fachwelt anerkannten Arbeiten (>100 Publikationen) in sozialer und Assistenzrobotik, autonomen Systemen und sozialpsychologischer Transferforschung (Buss et al., 2015, Kühnlenz et al., 2013, Karg et al., 2010, Bauer et al., 2009, De Nijs et al., 2012, Xu et al., 2010, Schmölz et al., 2016, Kühnlenz and Kühnlenz, 2020) sowie diesbezügliche Projekte wie z.B. „Autonomous City Explorer (ACE)“ (Exzellenzcluster CoTeSys, Partner: Accrea Eng., 2008), „Interactive Urban Robot (IURO)“ (EU FP7, Partner: u.a. ETH, KTH, 2013), zur Erforschung sozialpsychologischer Adaptionstrategien zur Verbesserung prosozialer Koexistenz von Mensch und Robotern unter erfolgreicher realweltlicher Evaluation und „Robotische Einkaufshilfen“ (Bay. StM. f. Wiss. und Kunst, 2017) (Schmölz et al., 2016), in dem als weitere Innovation interaktive Trageroboter als tägliche Begleiter zur Entlastung älterer Menschen entwickelt und die Nutzererfahrung in Kooperation mit Arbeiterwohlfahrt und Mehrgenerationenhaus Coburg untersucht wurden. **Diese Systeme dienen als Grundlage für das *Carrier-Service* Szenario diesem Vorhaben.**

Die zentral beteiligten Arbeitsgruppen Robotik (Prof. K. Kühnlenz) und Wirtschaftspsychologie (Prof. B. Kühnlenz) der Hochschule Coburg verfügen über eine starke Expertise in interaktiven Systemen mit besonderem Schwerpunkt auf komplexen Systeme-

men für realweltliche Anwendungen, User Studies und User Experience Evaluationen, Emotionserkennung und -modellierung sowie Transfer sozialpsychologischer Ansätze in die Technik. Ergänzt wird dies durch die Expertise von Prof. Jens Grubert in der Mensch-Computer-Interaktion und VR-basierten Simulationen und die Erfahrung von Prof. Ralf Reißing in der System-/Softwareentwicklung und im Test für den Automotive-Bereich, insbesondere in der Fahrsimulation. Mit einem industriellen Hintergrund in Echtzeit-Stream-Processing und Data Science wird Prof. Thorsten Uphues zu KI-basierter technischer Datenanalyse, Modellierung und Sensornetzwerkdesign beitragen. Prof. Georg Arbeiter ist Experte im Bereich der KI für autonomes Fahren und kann seine Erfahrungen in der Entwicklung von Algorithmen zur Sensordatenverarbeitung, der Umfeldwahrnehmung von mobilen Robotersystemen, dem Aufbau von CAVs, sowie die Umsetzung (teil-)autonomer Fahrfunktionen in das Projekt einbringen.

Prof. Thomas Kriza, OTH Regensburg, bringt große Erfahrung in der Erforschung philosophischer Grundsatzfragen zu Vorstellungen des guten und sinnerfüllten Lebens mit und fokussiert seine Forschung auf das ambivalente Verhältnis moderner Menschenbilder zu ihren kulturellen Ursprüngen sowie zur modernen Technik (Kriza, 2018). Als Philosoph und Wirtschaftsinformatiker ist er neuberufener Professor für Digitalisierung, Technologiefolgen und angewandte Ethik an der OTH Regensburg. Von 2015 bis 2020 hat er an der HS Coburg erfolgreich das Philosophische Café aufgebaut und geleitet, ein offenes, partizipatives Diskursformat, das Expertenperspektiven und öffentliche Diskussion verbindet. Die Übertragung dieses Konzeptes in die OTH Regensburg bildet die organisatorische Grundlage für die partizipatorischen Formate des beantragten Forschungsprojektes. Das Konzept des Philosophischen Cafés wurde mit dem Förderpreis für Innovation und Qualität in der Lehre der OTH Regensburg ausgezeichnet (OTH Regensburg, 2021).

ACCREA Engineering entstand als Spin-Off-Unternehmen der Technischen Universität München (TUM), gegründet von Bartłomiej Stanczyk, dem ehemaligen wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts für Regelungstechnik. ACCREA ist tätig in: Kundenspezifische Entwürfe und Machbarkeitsstudien von mechatronischen Systemen, d.h. die Kombination von Mechanik, Elektronik und Steuerungstechnik; Fertigung & Rapid Prototyping von Roboterarmen, mobilen Plattformen und anderen Arten von Roboter-

systemen; Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen in den Bereichen Robotik, Steuerung, Teleoperation und Haptik; Beratungsdienstleistungen in der Steuerungs- und Systemtechnik; Design und Expertise von Robotersystemen und Entwicklung von Echtzeitsteuerungen und Embedded Software. ACCREA war ein wichtiger Hardware-Entwickler in einer Reihe von EU-geförderten F&E-Roboterprojekten IURO, MOBOT, ReMeDi, RAMCIP und hat vor kurzem seinen Roboterarm BATEO als medizinischen Serviceroboter erfolgreich auf den Markt gebracht. Das Team von ACCREA besteht aus 25 hochqualifizierten Entwicklungsingenieuren: Systemdesignern, Robotikern, Elektronikern, Maschinenbauern und 7 qualifizierten Technikern, die sowohl für die manuelle als auch für die CNC-Fertigung zuständig sind. ACCREA besitzt eine technologisch hochmoderne Produktionswerkstatt, die mit modernen 3D-Druckern, CNC-Fräs- und Drehmaschinen, Laserschneidern, CNC-Plottern und anderen Maschinen ausgestattet ist. ACCREA wird mit Projektstart seinen früheren Standort in München wiedereröffnen.

**Das beantragte Vorhaben soll die Vorarbeiten in Form des dargestellten innovativen Reallabors für innerstädtisch verteilte Assistenzroboter zusammenführen.**

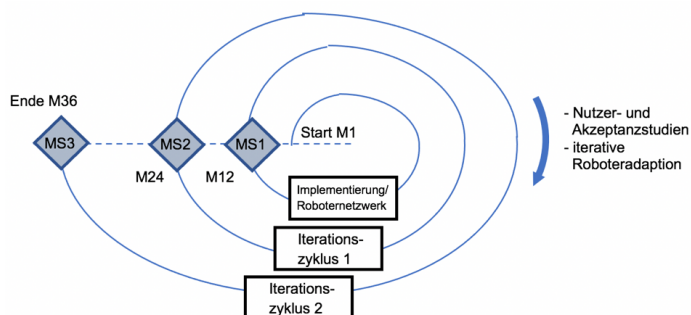
### 6.5.2 Funktion der einzelnen Partner im Zentrum und Beschreibung der geplanten Umsetzungskette im Projekt

Die Hochschule Coburg ist verantwortlich für die Entwicklung, Weiterentwicklung und szenariobezogene Adaption von sozialpsychologisch motivierten prosozialen Interaktions- bzw. Anpassungsstrategien. Daneben übernimmt sie in zentraler Funktion die Plattform(weiter)entwicklung, -adaption und den -betrieb für das *Carrier-Service* Szenario sowie das *Shuttle-Service* Szenario. Weiterhin ist sie für die Planung, Durchführung und Analyse der Interaktionsstudien verantwortlich in enger Verzahnung mit ethischen Betrachtungen des Partners OTH. Die Hochschule Coburg trägt weiterhin mit Ihrer Expertise in den Bereichen Privacy und Security in M2M Kommunikation sowie sicheren Authentifizierungsmethoden, drahtlose Kommunikation für effiziente Datenerfassung sowie Datenhaltung und -analyse bei. Sie übernimmt den Aufbau und den Betrieb der gesamten Dateninfrastruktur in enger Verzahnung mit der Plattformverantwortung.

ACCREA Engineering ist verantwortlich für die iterative Fortentwicklung der mobilen Roboterträger unter Einbezug der im Projekt erzielten Erkenntnisse und Leitlinien sowie für deren regelmäßige Inspektionen und alle notwendigen Wartungsmaßnahmen, um einen ungestörten Betrieb des Zentrums zu gewährleisten. Weiterhin ist ACCREA für die Entwicklung und Bewertung möglicher Geschäftsmodelle und Kommerzialisierungsstrategien der Projektergebnisse verantwortlich.

### Geplante Umsetzungskette

Der Projektlebenszyklus lässt sich schneckenförmig darstellen, was den iterativen Charakter unter Einbindung von Nutzern und Allgemeinheit widerspiegelt. Im ersten Halbjahr werden schwerpunktmäßig die existierenden Systeme auf das avisierte Szenario adaptiert. Es wird eine Dateninfrastruktur aufgebaut, die einerseits die Kommunikation zwischen Robotern, zentralem Server und Smartphone Applikationen leistet und weiterhin die Erfassung und zentrale Haltung massiver multimodaler Daten (anonymisierte Interaktionsdaten, Bewegungsdaten) für die weitere Analyse im Kontext von Nutzer- und Akzeptanzstudien. Im zweiten Halbjahr erfolgen Tests und erste Studien mündend in dem ersten Meilenstein MS1. Im zweiten und dritten Jahr werden die zentralen longitudinalen Nutzer- und Akzeptanzstudien durchgeführt, deren Erkenntnisse sich zyklisch in einer Adaption der Roboter und entsprechenden Richtliniendokumenten für die zukünftige Entwicklung interaktiver Roboter im öffentlichen Raum niederschlagen sollen. Die entsprechenden Metriken und Benchmarks werden zur Projektlaufzeit entwickelt. Flankierend erfolgt die Entwicklung von Geschäftsmodellen und die Einbindung weiterer Akteure.



**Abbildung 6.2:** Projektverlauf und Iterationszyklen.





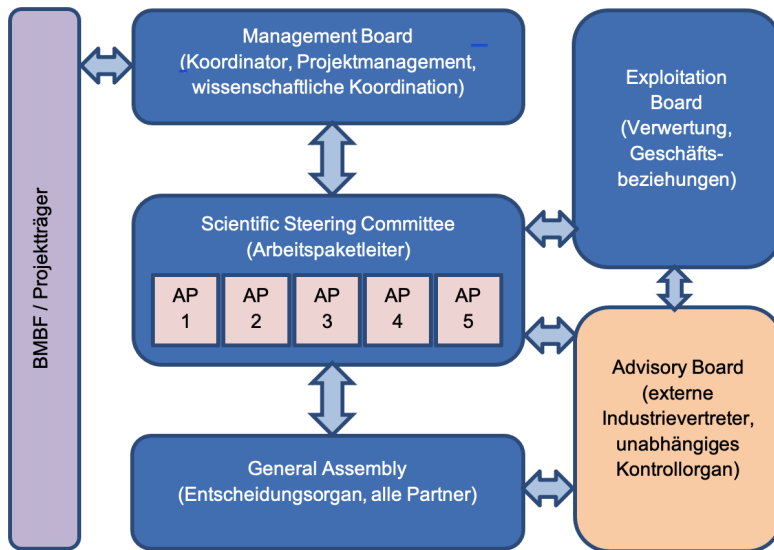


Abbildung 6.4: Organisationsstruktur und Management.

### 6.5.3 Management-Struktur

Die Hochschule Coburg ist verantwortlich für die übergeordnete wissenschaftliche und administrative Koordination von ProVeRo. Prof. Kolja Kühnlenz fungiert als Projektkoordinator und ist verantwortlich für die Kommunikation mit dem Projektträger. Er wird administrativ unterstützt durch das ForschungsTransferCenter (FTC).

#### Organisationsstruktur und Entscheidungsprozesse

Die **General Assembly** ist das Entscheidungsorgan des Verbunds. Der Koordinator hat den Vorsitz inne und setzt den strategischen Rahmen des Zentrums. Mit einem Repräsentanten jeder Partnerorganisation entscheidet die General Assembly über top-level Management- und Steuerungsaspekte. Sie findet sich regulär mindestens einmal jährlich zusammen und zusätzlich außerordentlich im Falle kurzfristiger Entscheidungserfordernisse. Dazwischen werden regelmäßige Telekonferenzen angesetzt, um den Kommunikationsfluss zu fördern und frühzeitig Problemthemen zu erkennen. Die Hauptaufgaben der General Assembly sind: Änderungen der Konsortialvereinbarung, Änderungen der Konsortialstruktur, Identifizierung und Behandlung von Brüchen und Konflikten. Entscheidungsprozess: Jedes Mitglied hat eine Stimme. Entscheidungen benötigen eine 75% Majorität mit mindestens 2/3 Anwesenheit der Mitglieder. Der

Koordinator hat 2 Stimmen. Der Entscheidungsprozess wird detailliert in der Kosortialvereinbarung ausgeführt. Einladungen zur General Assembly werden mindestens 45 Tage und Tagesordnungen mindestens 21 Tage vor Sitzung verschickt.

Das **Scientific Steering Committee** besteht aus den Arbeitspaketleitern (in persona) und ist verantwortlich für die Planung, Koordination und Berichterstattung der Arbeitspakete. Es berichtet der General Assembly. Es tritt mindestens einmal pro Quartal zusammen. Der Koordinator hat den Vorsitz inne, solange nicht delegiert. Es monitort den Fortschritt bzgl. der F&E-Ziele während der Projektlaufzeit. Abweichungen vom Arbeitsplan werden dem Koordinator unverzüglich berichtet, um kurzfristig steuernd eingreifen zu können.

Das **Management Board** besteht aus dem Koordinator (Vorsitz) und einem Projektmanager seiner Fakultät sowie zusätzlichen Mitgliedern (z.B. einem Postdoc für den wissenschaftlichen Fortschritt) und managet das Projekt auf einer Day-to-Day-Basis. Es wird durch administrative Kräfte der Institution unterstützt.

Das **Exploitation Board** evaluiert die Projektergebnisse kontinuierlich in Bezug auf mögliche Dissemination zu möglichen Wirtschaftspartnern und stellt Kontakte her. Es arbeitet eng mit dem Transferprojekt zusammen. Es organisiert weiterhin Disseminationsaktivitäten für potenzielle Nutzer (Industrie, Privatpersonen). Die konsortiale Verwertungsstrategie wird in einem fortzuschreibenden Verwertungsplan festgeschrieben. Das Board wird zur Laufzeit aus Personen der Verbundmitglieder zusammengestellt und beinhaltet mindestens je einen Vertreter der Industriepartner.

ProVeRo wird zusätzlich ein **Advisory Board** implementieren, das aus zwei Mitgliedern aus der Industrie besteht, die keine Verbundpartner sind. Als Nicht-Partner können diese kritisches und weitgehend objektives Feedback geben und die Forschungsaktivitäten von ProVeRo effektiv auf einer Peer-Review Basis begutachten, so dass das Advisory Board als eine externe Kontrollstruktur fungieren kann.

### 6.5.4 Einbindung weiterer Akteure (Assoziierte Partner)

**Arbeiterwohlfahrt**, Coburg, Akquise von Testpersonen, Erfassung von Nutzerbedarfen mit dem **Mehrgenerationenhaus**.

**Stadt Coburg/ Stadt Kronach/ Landkreise**, Schaffung der örtlichen Rahmenbedingungen (noch unbestätigt, Assoziierung zur Laufzeit geplant); **Bayerisches Rotes Kreuz**, Kreisverband Kronach; Anwendungen zur Erweiterung des Mobilitäts- und Aktionskreises im Hinblick auf ein selbstbestimmtes Leben älterer Menschen, Akquise von Testpersonen, Erfassung von Nutzerbedarfen (noch unbestätigt, Assoziierung zur Laufzeit geplant).

Neben den als Demonstratorplattformen im Kompetenzzentrum implementierten Robotern soll auch eine Integration weiterer Roboterplattformen möglicher zukünftiger Partner bzw. Klienten ermöglicht werden, um deren Funktionalitäten innerhalb realweltlicher Umgebungen mit naiven Nutzern zu testen oder zu benchmarken. Die Identifizierung und Akquisition solcher Stakeholder wird zur Laufzeit des Kompetenzzentrums erfolgen und schwerpunktmäßig durch Accrea Engineering betreut. Ein erster Schritt ist hier mit dem assoziierten Partner **Valeo Schalter und Sensoren GmbH** geplant, der starkes Interesse an der Integration und Erprobung der geplanten Interaktionsstrategien zur Akzeptanzerhöhung signalisiert hat, wobei in Bezug auf das Shuttle-Szenario (siehe 6.1.2) eine Integration mit der Shuttle-Modellregion Oberfranken am Standort Coburg vorgesehen ist. Valeo beteiligt sich hierbei mit der Bereitstellung des/der Forschungs-Shuttles und im Rahmen der Shuttle-Adaption. In diesem Rahmen ist Valeo als erster Klient im Rahmen der Verwertung von Ergebnissen vorgesehen. Die Modalitäten hierzu werden zur Projektlaufzeit im Rahmen der Entwicklung von Geschäftsmodellen ausgestaltet. In Bezug auf die Identifizierung und Akquisition von Stakeholdern ist weiterhin eine **Zusammenarbeit mit dem Transferprojekt** vorgesehen. Für den Betrieb der Roboter ist geplant als weiteren Partner im Projektverlauf die Deutsche Bahn AG zu akquirieren, zu der bereits im Rahmen von Vorläuferprojekten der Shuttle-Modellregion Oberfranken Kontakte bestehen. Die weiteren Kontakte sollen bereits mit Beginn des Kompetenzzentrums hergestellt bzw. vertieft werden, um die Ausrichtung der Reallaborinfrastruktur zielführend zu steuern und anzupassen. Eine Integration derartiger Systeme wird mit der Fertigstellung der Dateninfrastruktur des Reallabors nach M12 ermöglicht werden.

### 6.5.5 Zusammenarbeit mit Transferprojekt

Eine intensive Zusammenarbeit mit dem Transferprojekt wird äußerst begrüßt und schon jetzt zugesichert. Insbesondere sind folgende Beiträge geplant:

- Beteiligung an Workshops, Disseminationsmaßnahmen und Wettbewerben;
- Bereitstellung von Daten zu den entwickelten Evaluationsmethoden im Rahmen der geplanten Akzeptanzuntersuchungen im öffentlichen Raum und von daraus gewonnenen Erkenntnissen für Entwicklung und Betrieb von Robotern in derartigen Szenarien;
- Zusammenarbeit bzgl. der Bereitstellung von gewonnenen massiven Datensätzen aus den realweltlichen Interaktionsstudien, u.a. für interessierte wirtschaftliche Stakeholder wie z.B. Lieferroboteranbieter- und -betreiber;
- Zusammenarbeit bzgl. der Akquise weiterer Assistenzroboter potenzieller Stakeholder, die im Rahmen des geplanten Reallabors zur Laufzeit mit integriert werden könnten und deren externem Zugang zu letzterem;
- Zusammenarbeit bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen für z.B. Robot Sharing mittels On-Demand-Service unter starker Beteiligung des Partners Accrea Engineering;
- Zusammenarbeit bzgl. Fragestellungen hinsichtlich Normen und ethisch-rechtlicher Aspekte bei Einführung und Betrieb von Robotern im öffentlichen Raum.

## Literaturverzeichnis

Muneeb Ahmad, Omar Mubin, and Joanne Orlando. A systematic review of adaptivity in human-robot interaction. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(3):14, 2017.

Amazon Prime Air. Amazon prime air. <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?node=8037720011>, 2016.

S Bastian. Wie designt sich der Mensch? In welchem Umfang soll der Mensch mit seinem Wissen und (Gen-)Technik sein Mensch-Sein verändern? Das wird ab Mittwoch an der Hochschule diskutiert. <https://www.infranken.de/lk/cobu>

rg/wie-designt-sich-der-mensch-art-3905615, 2018.

C Daniel Batson, Bruce D Duncan, Paula Ackerman, Terese Buckley, and Kimberly Birch. Is empathic emotion a source of altruistic motivation? *Journal of personality and Social Psychology*, 40(2):290, 1981.

Andrea Bauer, Klaas Klasing, Georgios Lidoris, Quirin Mühlbauer, Florian Rohrmüller, Stefan Sosnowski, Tingting Xu, Kolja Kühnlenz, Dirk Wollherr, and Martin Buss. The autonomous city explorer: Towards natural human-robot interaction in urban environments. *International journal of social robotics*, 1(2):127–140, 2009.

Oliver Bendel. Pflegeroboter aus ethischer Sicht. *BdW Blätter der Wohlfahrtspflege*, 166(1):24–27, 2019.

Sarah-Jayne Blakemore, Joel Winston, and Uta Frith. Social cognitive neuroscience: where are we heading? *Trends in cognitive sciences*, 8(5):216–222, 2004.

Jason Borenstein and Ron Arkin. Robotic nudges: the ethics of engineering a more socially just human being. *Science and engineering ethics*, 22(1):31–46, 2016.

Adrian Burton. Dolphins, dogs, and robot seals for the treatment of neurological disease. *The Lancet Neurology*, 12(9):851–852, 2013.

Martin Buss, Daniel Carton, Sheraz Khan, Barbara Kühnlenz, Kolja Kühnlenz, Christian Landsiedel, Roderick de Nijs, Annemarie Turnwald, and Dirk Wollherr. IURO – Soziale Mensch-Roboter-Interaktion in den Straßen von München. *at-Automatisierungstechnik*, 63(4):231–242, 2015.

John-John Cabibihan, Hifza Javed, Marcelo Ang, and Sharifah Mariam Aljunied. Why robots? a survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International journal of social robotics*, 5(4):593–618, 2013.

Cristiano Castelfranchi. Modelling social action for ai agents. *Artificial intelligence*, 103(1-2):157–182, 1998.

Sarah Conly. Government paternalism: Nanny state or helpful friend? julian le grand and bill new. princeton university press, 2015, ix+ 202 pages. *Economics & Philosophy*, 32(1):156–162, 2016.

- Oliver Damm, Karoline Malchus, Frank Hegel, Petra Jaecks, Prisca Stenneken, Britta Wrede, and Martina Hielscher-Fastabend. A computational model of emotional alignment. In *5th Workshop on Emotion and Computing*, 2011.
- Mirella Dapretto, Mari S Davies, Jennifer H Pfeifer, Ashley A Scott, Marian Sigman, Susan Y Bookheimer, and Marco Iacoboni. Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature neuroscience*, 9(1):28–30, 2006.
- Roderick De Nijs, Sebastian Ramos, Gemma Roig, Xavier Boix, Luc Van Gool, and Kolja Kühnlenz. On-line semantic perception using uncertainty. In *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 4185–4191. IEEE, 2012.
- Laurence Devillers. Human–robot interactions and affective computing: The ethical implications. In *Robotics, AI, and Humanity*, pages 205–211. Springer, Cham, 2021.
- Agneta H Fischer and Gerben A Van Kleef. Where have all the people gone? a plea for including social interaction in emotion research. *Emotion Review*, 2(3):208–211, 2010.
- Terrence Fong, Illah Nourbakhsh, and Kerstin Dautenhahn. A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems*, 42(3-4):143–166, 2003.
- Jodi Forlizzi and Carl DiSalvo. Service robots in the domestic environment: a study of the roomba vacuum in the home. In *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction*, pages 258–265, 2006.
- D Frey and M Irle. Interaktions- und lerntheorien. Verlag Hans Huber, 2002.
- Rachel Gockley, Jodi Forlizzi, and Reid Simmons. Natural person-following behavior for social robots. In *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pages 17–24, 2007.
- N Golgowski. Ups is testing drone deliveries, and it’s just as cool as you’d hope. The Huffington Post, 2017.

- Yoshiro Hada, Harunori Gakuhari, Kunikatsu Takase, and Edward Indyanto Hemeldan. Delivery service robot using distributed acquisition, actuators and intelligence. In *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*(IEEE Cat. No. 04CH37566), volume 3, pages 2997–3002. IEEE, 2004.
- Edmund T Hall and Edward Twitchell Hall. *The hidden dimension*, volume 609. Anchor, 1966.
- Myounghoon Jeon. Emotions and affect in human factors and human–computer interaction: Taxonomy, theories, approaches, and methods. In *Emotions and affect in human factors and human-computer interaction*, pages 3–26. Elsevier, 2017.
- Michiel Joosse, Aziez Sardar, Manja Lohse, and Vanessa Evers. Behave-ii: The revised set of measures to assess users’ attitudinal and behavioral responses to a social robot. *International journal of social robotics*, 5(3):379–388, 2013.
- Michelle Karg, Kolja Kühnlenz, and Martin Buss. Recognition of affect based on gait patterns. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 40(4):1050–1061, 2010.
- Christoph Kehl. Wege zu verantwortungsvoller Forschung und Entwicklung im Bereich der Pflegerobotik: Die ambivalente Rolle der Ethik. In *Pflegeroboter*, pages 141–160. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018.
- Tobias Körtner. Ethical challenges in the use of social service robots for elderly people. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 49(4):303–307, 2016.
- Robert E Kraut and Robert E Johnston. Social and emotional messages of smiling: an ethological approach. *Journal of personality and social psychology*, 37(9):1539, 1979.
- Dennis Krebs. Empathy and altruism. *Journal of Personality and Social psychology*, 32(6):1134, 1975.
- Jeanne Kreis. Umsorgen, überwachen, unterhalten–sind Pflegeroboter ethisch vertretbar? In *Pflegeroboter*, pages 213–228. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018.

T Kriza. Philosophie an Hochschulen für angewandte Wissenschaften: Wege zur Persönlichkeitsentwicklung. Hochschulausbildungen fördern. Aktuelles aus Forschung und Praxis (S. 43-58). Bern, 2019.

Thomas Kriza. *Die Frage nach dem Sinn des Lebens: Das zwiegespaltene Verhältnis des modernen Denkens zu den Sinnentwürfen der Vergangenheit*. Felix Meiner Verlag, 2018.

Barbara Kühnlenz, Stefan Sosnowski, Malte Buß, Dirk Wollherr, Kolja Kühnlenz, and Martin Buss. Increasing helpfulness towards a robot by emotional adaption to the user. *International Journal of Social Robotics*, 5(4):457–476, 2013.

Kolja Kühnlenz and Barbara Kühnlenz. Motor interference of incongruent motions increases workload in close hri. *Advanced Robotics*, 34(6):400–406, 2020.

Iolanda Leite, Carlos Martinho, and Ana Paiva. Social robots for long-term interaction: a survey. *International Journal of Social Robotics*, 5(2):291–308, 2013.

Yantao Li, Lixun Zhang, and Lan Wang. Mechanism design and dynamics study of meal-assistance robot. In *2009 International Conference on Mechatronics and Automation*, pages 1811–1815. IEEE, 2009.

Klaus Mainzer. The concept of law in natural, technical and social systems. *European Review*, 22(S1):S2–S25, 2014.

Luis Yoichi Morales Saiki, Satoru Satake, Rajibul Huq, Dylan Glas, Takayuki Kanda, and Norihiro Hagita. How do people walk side-by-side? using a computational model of human behavior for a social robot. In *Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE international conference on Human-Robot Interaction*, pages 301–308, 2012.

Ryo Murakami, Luis Yoichi Morales Saiki, Satoru Satake, Takayuki Kanda, and Hiroshi Ishiguro. Destination unknown: walking side-by-side without knowing the goal. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pages 471–478, 2014.

Bilge Mutlu, Steven Osman, Jodi Forlizzi, Jessica Hodgins, and Sara Kiesler. Task structure and user attributes as elements of human-robot interaction design. In



*ROMAN 2006-The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pages 74–79. IEEE, 2006.

Stabsstelle Hochschulkommunikation und Öffentlichkeitsarbeit OTH Regensburg. OTH Regensburg verleiht Förderpreise für Innovation und Qualität in der Lehre. <https://www.oth-regensburg.de/new-startpage/hochschule/aktuelles/einzelansicht/news/oth-regensburg-verleiht-foerderpreise-fuer-innovation-und-qualitaet-in-der-lehre.html>, 2021.

Richard E Petty and John T Cacioppo. The elaboration likelihood model of persuasion. In *Communication and persuasion*, pages 1–24. Springer, 1986.

Martin J Pickering and Simon Garrod. Alignment as the basis for successful communication. *Research on Language and Computation*, 4(2):203–228, 2006.

João Quintas, Paulo Menezes, and Jorge Dias. Interoperability in cloud robotics—developing and matching knowledge information models for heterogenous multi-robot systems. In *2017 26th IEEE international symposium on robot and human interactive communication (RO-MAN)*, pages 1291–1296. IEEE, 2017.

Hartmut Remmers. Pflegeroboter: Analyse und Bewertung aus Sicht pflegerischen Handelns und ethischer Anforderungen. In *Pflegeroboter*, pages 161–179. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018.

Thomas Rofer, Christian Mandel, and Tim Laue. Controlling an automated wheelchair via joystick/head-joystick supported by smart driving assistance. In *2009 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, pages 743–748. IEEE, 2009.

Haydar Sahin and Levent Guvenc. Household robotics: autonomous devices for vacuuming and lawn mowing [applications of control]. *IEEE Control Systems Magazine*, 27(2):20–96, 2007.

Jorge Sales, Jose V Martí, Raúl Marín, Enric Cervera, and Pedro J Sanz. Comparob: The shopping cart assistance robot. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(2):4781280, 2016.

Johannes Schmölz, Barbara Kühnlenz, and Kolja Kühnlenz. First experiences towards

- potential impact of an outdoor shopping assistant. In *Annual Conference Towards Autonomous Robotic Systems*, pages 295–300. Springer, 2016.
- Reid Simmons, Richard Goodwin, Karen Zita Haigh, Sven Koenig, and Joseph O’Sullivan. A layered architecture for office delivery robots. In *Proceedings of the first international conference on Autonomous agents*, pages 245–252, 1997.
- Adriana Tapus, Cristian Țăpuș, and Maja J Matarić. User—robot personality matching and assistive robot behavior adaptation for post-stroke rehabilitation therapy. *Intelligent Service Robotics*, 1(2):169–183, 2008.
- Starship Technologies. Website. <https://www.starship.xyz/>.
- Richard H Thaler and Cass R Sunstein. *Nudge: Wie man kluge Entscheidungen anstößt*. Ullstein eBooks, 2009.
- Pakorn Udsatid, Nattee Niparnan, and Attawith Sudsang. Human position tracking for side by side walking mobile robot using foot positions. In *2012 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, pages 1374–1378. IEEE, 2012.
- Joshua Wainer, Kerstin Dautenhahn, Ben Robins, and Farshid Amirabdollahian. A pilot study with a novel setup for collaborative play of the humanoid robot kaspar with children with autism. *International journal of social robotics*, 6(1):45–65, 2014.
- Peter Wehling. „Anticipatory Governance “von Technisierungsprojekten? Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel von Enhancement Technologien. In *Technology Governance*, pages 155–162. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 2010.
- Katie Winkle, Séverin Lemaignan, Praminda Caleb-Solly, Ute Leonards, Ailie Turton, and Paul Bremner. Effective persuasion strategies for socially assistive robots. In *2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 277–285. IEEE, 2019.
- Sarah Woods, Kerstin Dautenhahn, Christina Kaouri, Renete Boekhorst, and Kheng Lee Koay. Is this robot like me? links between human and robot personality traits. In *5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2005.*, pages 375–380. IEEE, 2005.

Tingting Xu, Kolja Kühnlenz, and Martin Buss. Autonomous behavior-based switched top-down and bottom-up visual attention for mobile robots. *IEEE transactions on robotics*, 26(5):947–954, 2010.