

Kompetenzzentrum für Robotik und Interaktion für die Pflege (KO:ROP)

Förderkennzeichen 16SV8587

Marco Eichelberg¹, Tobias Krahn¹, Stefan Stiene², Alexander Sung², Manfred Hülsken-Giesler³, Yvonne Steffen³, Lena Marie Wirth³, Marion Bley⁴, Franziska Tigges⁵, Ulrike Pesch⁶, Kira Nordmann⁷, Nadine Reißner⁸, Uwe Zimmermann⁸, Christian Sternitzke⁹, Ulrich Schulze-Althoff¹⁰, Marc Ernst¹¹, Sebastian Glende¹², Sibylle Meyer¹³ und Andreas Hein¹



¹ OFFIS – Institut für Informatik Escherweg 2 26121 Oldenburg	² Universitätsklinikum Münster Albert-Schweitzer-Campus 1 48149 Münster	³ Universität Osnabrück Postfach 44 69 49069 Osnabrück	
⁴ Kompetenzzentrum Gesundheitswirtschaft e.V. Martinistraße 63 49080 Osnabrück	⁵ Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH Trippstadter Str. 122 67663 Kaiserslautern	⁶ SenVital Senioren- und Pflegezentrum Osnabrück-Haste Wilhelm-von-Euch-Straße 2 49090 Osnabrück	
⁷ immerda GmbH Ammerländer Heerstr. 163 26129 Oldenburg	⁸ KUKA Deutschland GmbH Zugspitzstraße 140 86165 Augsburg	⁹ tediro GmbH Ehrenbergstraße 11 98693 Ilmenau	
¹⁰ Medisana GmbH Carl-Schurz-Straße 2 41460 Neuss	¹¹ Space Technologies GmbH Graf-Adolf-Straße 69 40210 Düsseldorf	¹² YOUSE GmbH Florastraße 47 13187 Berlin	¹³ SIBIS GmbH Richard-Wagner-Strasse 19 10585 Berlin

9.1 Ziele des Kompetenzzentrums

9.1.1 Motivation und Anwendungsdomäne des Kompetenzzentrums

Die dauerhafte Sicherstellung der pflegerischen Versorgung ist eine der größten Herausforderungen der Zukunft. Während aktuell insgesamt 4,13 Millionen Menschen als pflegebedürftig im Sinne des SGB XI gelten, steigt diese Zahl Prognosen zufolge bis ins Jahr 2050 auf 4,5 bis 5 Millionen Pflegebedürftige. Dieser ansteigenden Anzahl Pflegebedürftiger stehen zunehmend weniger Pflegefachpersonen gegenüber, sodass bis 2050 mehr als 450.000 Pflegefachpersonen fehlen werden. Berufliche Pflegearbeit wird heute in äußerst heterogenen Handlungsfeldern erbracht, wobei die akutstationäre Pflege im Krankenhaus, die langzeitstationäre Pflege im Pflegeheim und die ambulante Pflege in der häuslichen Umgebung typische Orte der personenbezogenen Dienstleistung Pflege darstellen. In 2020 belief sich die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Kranken- und Altenpflege auf 1,7 Millionen, darunter 615.000 Altenpflegekräfte sowie 1,1 Millionen Krankenpflegekräfte – die Beschäftigungszahlen steigen seit 2015 kontinuierlich. Im Jahr 2019 generierte die Pflegebranche gemäß der amtlichen Statistik, also ohne Berücksichtigung der Pflege durch Angehörige, eine Bruttowertschöpfung von rund 43,1 Milliarden Euro und verzeichnet damit ein Wachstum von rund 6,2 % pro Jahr (gesamte Gesundheitswirtschaft: 4,1 %) (vgl. Rat der Arbeitswelt 2021). Vor dem Hintergrund des gegenwärtig nahezu flächendeckenden Fachkräftemangels und des kontinuierlich ansteigenden Bedarfs an Pflegeleistungen

steht die berufliche Pflege vor enormen Herausforderungen. Die jüngsten pandemiebedingten Entwicklungen haben die Pflege in Ausnahmesituationen gebracht, dabei aber verdeutlicht, dass berufliche Pflege in Deutschland in allen Handlungsfeldern systematisch an der Belastungsgrenze arbeitet (vgl. Rat der Arbeitswelt 2021).

Die Tätigkeitsbereiche der beruflichen Pflege können grob in *aufgaben- bzw. funktionsbezogene Aspekte* und *beziehungs-, emotions- und interaktionsorientierte Aspekte* differenziert werden (vgl. Hülsken-Giesler 2020, Hülsken-Giesler and Remmers 2020, Metzler et al. 2015), die in höchst heterogenen institutionellen Umgebungen erbracht werden. *Aufgaben- und funktionsbezogene Aspekte der Pflegearbeit* umfassen dabei die Unterstützung und Assistenz bzw. ggf. auch die Übernahme von Alltagsverrichtungen im Zusammenhang mit Körperpflege, Ernährung, Ausscheidung, Mobilität u. a. m. sowie Aktivitäten im Umfeld medizinisch-pflegerischer Maßnahmen zur Bewältigung oder zum Umgang mit Krankheit, Gebrechen und Leiden (z. B. Medikamentenmanagement, Wundversorgung, Monitoring von Vitalwerten). *Beziehungs-, emotions- und interaktionsorientierte Aspekte* der Pflegearbeit fokussieren vorzugsweise auf Pflege als Beziehungs- und Kooperationsarbeit, um hilfe- und pflegebedürftige Menschen aktiv in die Pflegearbeit einzubeziehen und soziale und gesellschaftliche Teilhabe zu ermöglichen. Gute Pflege wird vor diesem Hintergrund als personenbezogene Dienstleistung charakterisiert, die wissensbasiert, körperorientiert und interaktionsorientiert häufig in komplexen Bezügen als Arbeit in Ungewissheit erbracht wird und damit nur begrenzt standardisierbar ist. Die skizzierten Aufgaben der direkten Pflege sind gerahmt durch Aufgaben der indirekten Pflege, die Tätigkeiten im Bereich der Pflegeprozessplanung und -dokumentation, der Organisation und Koordination der Pflegearbeit sowie der Logistik (z. B. Beschaffung, Reinigung und Entsorgung von Materialien) umfasst.

Der systematische Einsatz von digitalen und mechatronischen Systemen zur Unterstützung der Pflege wird wegen der benannten Herausforderungen aktuell als relevante strategische Option zur Sicherstellung der Versorgungsqualität in allen Handlungsfeldern der Pflege diskutiert (vgl. z. B. Rat der Arbeitswelt 2021, Bundesministerium für Bildung und Forschung 2020, Bundestag 2020, Bundesministerium für Gesundheit, BMG 2020). Der Etablierung von Robotik für die Pflege kommt dabei eine herausragende Bedeutung zu (vgl. z. B. Ethikrat 2020, Gliesche et al. 2020b, Hülsken-Giesler and Remmers 2020, Bundesministerium für Bildung und Forschung 2018, Klein

et al. 2018, Kehl 2018, Merda et al. 2017). Die Heterogenität der Handlungsfelder der beruflichen Pflege, die Sensibilität der Herausforderungen bei der Arbeit mit vulnerablen Menschen sowie die jeweils besonderen Bedingungen der institutionalisierten Pflege im Akutkrankenhaus, im Pflegeheim oder der häuslichen Umgebung von Pflegeempfänger*innen stellen allerdings besondere Herausforderungen an eine gelingende Mensch-Roboter-Interaktion. Für die Etablierung von Robotik in der Pflege sind daher technische Weiterentwicklungen der Mensch-Roboter-Interaktion notwendig, wobei neben konkreten Use Cases auf der Mikroebene auch Aspekte der Meso-Ebene (institutionelle Arbeits- und Organisationsprozesse) und der gesellschaftlichen Makro-Ebene (z. B. ethische Aspekte, Entwicklung des Care-Verständnisses unter Bedingungen der Robotik in der Pflege) zu berücksichtigen sind (vgl. z. B. Ethikrat 2020, Hülsken-Giesler and Remmers 2020, Schuh et al. 2020, Manzeschke and Assadi 2019).

9.1.2 Thema des Verbundprojektes / Problembeschreibung

In dem Verbundprojekt *KO:ROP* soll untersucht werden, wie robotische Komponenten sowie Robotersysteme in den Pflegealltag integriert bzw. an diesen angepasst werden können und ob berufliche Pflege, Pflegeempfänger*in und pflegende An- und Zugehörige bei Aufgaben und Tätigkeiten der indirekten und direkten Pflege physisch und psychisch entlastet werden können. Von entscheidender Bedeutung ist dabei, dass die robotischen Systeme angemessen auf die typischen Anforderungen und Bedarfe der verschiedenen Akteure in diesen heterogenen Handlungsfeldern reagieren können (vgl. z. B. Meyer and Fricke 2020, Merda et al. 2017, Pino et al. 2015). Zentrales Merkmal in der Pflegearbeit ist die in Abbildung 9.1 dargestellte Dreiecksbeziehung zwischen den beteiligten Pflegenden (berufliche oder Zu- und Angehörige), dem bzw. der Pflegeempfänger*in sowie dem unterstützenden Robotersystem.

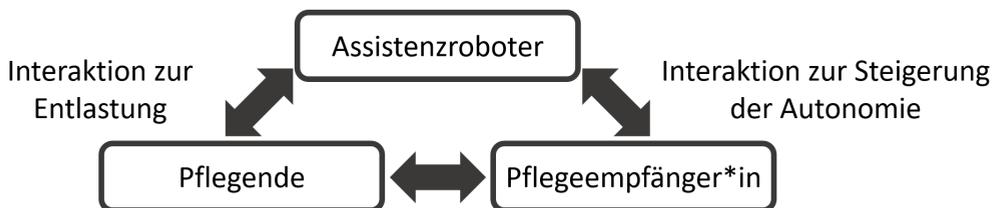


Abbildung 9.1: Interaktionsdreieck robotische Systeme für die Pflege.

Vor dem Hintergrund der Vielfalt und Unbestimmtheit möglicher Pflegesituationen (Charakteristikum der begrenzten Standardisierbarkeit von Pflegehandlungen) sind dafür hoch adaptierbare und flexible Strategien sowohl für die Zielerreichung als auch für die doppelte Mensch-Robotik-Interaktion notwendig. Auf Seiten der Pflegeempfänger*innen ist dies insbesondere durch den Wunsch nach Steigerung der Autonomie bei ggf. eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten bedingt, die in Abhängigkeit von Altersbeeinträchtigungen, Erkrankungen oder auch Tagesform variieren können (vgl. Schuh et al. 2020). Auf Seiten der beruflichen Pflege entscheiden dagegen insbesondere situative Bedingungen über die konkret erwartete Entlastung und damit die Anforderungen an eine gelungene Mensch-Robotik-Interaktion: Unterstützt eine Robotik etwa eine Pflegeperson beim Patient*innentransfer vom Bett in einen Rollstuhl, kann dies in Abhängigkeit von der jeweils konkreten Situation (Tagesform auf Seiten der Patient*innen, situative Beanspruchung von Armen und Händen der Pflegeperson, räumliche Situation, z. B. Betthöhe) haptische, gestische, sprachliche oder auch ferngesteuerte Interaktionsformate zwischen den menschlichen Akteuren und der Robotik erfordern, um eine gelungene Zusammenarbeit zu erreichen. Die Bereitstellung von einzelfallrelevanten Informationen aus der Pflegeplanung oder aus evidenzbasierten Leitlinien in einer unmittelbaren Pflegesituation (Pflege als wissensbasierte Arbeit) kann etwa eine sprachliche Interaktion erfordern, während gleichzeitig eine gestische Steuerung der Robotik zur Assistenz bei der Lagerung (Pflege als körperorientierte Arbeit) notwendig ist. Der Einsatz interaktions- und emotionsorientierter Robotik bei kognitiv beeinträchtigten Menschen kann situativ eine mimisch-gestische oder sprachliche Steuerung erforderlich machen – der Einsatz von Robotik in häuslichen Umgebungen kann dagegen in komplexen Pflegearrangements (z. B. familiäre Helfer, ehrenamtliche Helfer, Haus- und Fachärzte, Pflegekasse etc.) wiederum verschiedenste Steuerungsformate (z. B. Fernsteuerung, sprachliche Steuerung, gestische Steuerung) erfordern.

Die Ergebnisse eines im Rahmen der Machbarkeitsstudie durchgeführten Workshops (26.05.2021) mit Pflegefachpersonen aus der langzeitstationären-, akutstationären- und ambulanten Pflege zum Thema „*Welche Mensch-Technik-Interaktionsformen sind in den heterogenen Handlungsfeldern der Pflege mit Blick auf relevante Pflegesituationen und aktuell verfügbare Robotik geeignet bzw. erforderlich?*“ verweisen auf Bedarfe nach verschiedenen Mensch-Technik-Interaktionsstrategien in der Pflege in Abhängigkeit der konkreten Pflegesituation und Robotik. Zur Unterstützung der aufgabenorientierten Pflege werden aus Sicht der Befragten insbesondere robotische Hebehilfen, Roboter zur Desinfektion und Reinigung sowie Logistik- und Transportsysteme als hilfreich bewertet. Hebehilfen sind demnach in allen Settings der Pflege von großer Bedeutung, logistische Lösungen eher in stationären Einrichtungen der Pflege. Zur Unterstützung der beziehungsorientierten Pflege werden Interaktions- und Telepräsenzroboter stärker präferiert als Emotionsrobotik. Neben häufig bereits realisierten Interaktionsschnittstellen (z. B. Touchpad) wird Sprache als Interaktionsformat besonders präferiert, um den Akteuren in der konkreten Pflegesituation eine freie Nutzung von Händen und Armen zu ermöglichen und die Aufmerksamkeit auf die zwischenmenschliche Interaktion richten zu können. Relevant für die Pflege sind demnach weiterhin Möglichkeiten der Gestensteuerung, der (Fern-)Steuerung über Joystick sowie ggf. über Eye-Tracking. Aspekte der gezielten und dosierten Kraftunterstützung sowie der sicheren Unterscheidung von Akteuren im Pflegearrangement sind demnach hoch relevant, um Gefährdungen der Beteiligten zu vermeiden. Eine einfache Bedienbarkeit sowie platzsparende Gestaltung (Lagerung und Nutzung in engen Räumlichkeiten) gelten als zentrale Voraussetzungen zur Etablierung der Robotik in den Handlungsfeldern der Pflege.¹

Die Präferenz von Pflegepersonen für eine robotische Unterstützung bei körperlich anstrengenden und logistischen Tätigkeiten bestätigt sich auch über die aktuelle Literaturlage (vgl. Schuh et al. 2020, Savela et al. 2018). Aus pflegfachlicher und pflegewissenschaftlicher Sicht ergeben sich vor diesem Hintergrund besondere Herausforderungen an Interaktionsmodalitäten: *Spracherkennung* hat etwa die spezifischen

¹An dieser Stelle bedanken wir uns ausdrücklich bei allen Teilnehmer*innen des Workshops für ihre wichtigen Beiträge und die zielführende Diskussion: Herr Oliver Hack (Immerda ambulante Intensivpflege, Oldenburg), Frau Stephanie Raudies (Johanniter Unfall-Hilfe), Herr Stefan Schäl (Victor's Group), Herr Sebastian Roth (AWO Oldenburg) und Frau Franziska Tigges (Universitätsklinikum Münster).

Fachsprachen, Jargons und Dialekte in den jeweiligen Handlungsfeldern verlässlich zu erkennen und zu interpretieren, *haptisches Feedback bzw. Kraftunterstützung* muss sowohl an die allgemeinen Belastungsgrenzen pro Körperteil als auch an individuelle Bedürfnisse (Schmerzempfindlichkeit) adaptiert werden, *Gestenerkennung* ist an die konkreten Arbeitsumgebungen (z. B. Licht- und Platzverhältnisse) anzupassen, *Emotionserkennung* stellt erhebliche Anforderungen an die Interpretation von technisch generierten Daten, und um pflegerelevante Informationen über Robotik in die Pflegesituation einzubringen, ist Kompatibilität mit den jeweils verwendeten Informationssystemen der Pflege zu gewährleisten.

Aus technischer Sicht müssen die Eingaben der beteiligten Personen über die Interaktionskanäle situationsgerecht interpretiert und zur Adaption der (sicheren) Ausführung einer Aktion genutzt werden. Dabei ist zwischen eher körperfernen Aufgaben der indirekten Pflege (bspw. Logistik) mit einem hohen Grad an Autonomie des Roboters (*Kollaboration*) und körpernahen Aufgaben der direkten Pflege (bspw. Umlagern) mit einem hohen Grad an Orientierung am Handeln des Menschen, d. h. einem hohen Maß an Interaktion und gegenseitiger Stabilisierung (*Kooperation*), zu unterscheiden. Aufgrund der großen Überschneidungen der Arbeitsräume der drei Akteure (Pfleger*in, Pflegeempfänger*in, Assistenzroboter) aus Abbildung 9.1 spielt die Sicherheit bei der Ausführung sowohl gegenüber dem bzw. der Pflegeempfänger*in als auch der Pflegeperson eine große Rolle. Neben Standards für die sichere Mensch-Roboter-Interaktion ist hier auch das Medizinproduktrecht-Durchführungsgesetz (MPDG) relevant, da die Systeme – abhängig von der Zweckbestimmung des Herstellers – als Medizinprodukte anzusehen sind.

Die Umsetzung dieser Anforderungen in sozialen Kontexten der Pflegearbeit erfordert, darauf verweisen inzwischen zahlreiche Studien (vgl. zum Überblick Bundestag 2020, Ethikrat 2020, Kehl 2018), die systematische partizipative Einbindung der potenziellen Nutzer*innen der Systeme, um eine erfolgreiche Implementierung zu erreichen. Um Akzeptanz und arbeitsprozessgerechte Einsatzbedingungen in den Handlungsfeldern der Pflege zu erreichen, sind diese Aspekte auch für Fragen der Mensch-Roboter-Interaktion dringlich zu berücksichtigen. Da im Kontext der Pflegearbeit sensible Daten und Informationen von Bedeutung sind, müssen Lösungen im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion grundsätzlich Aspekte des Datenschutzes und der Nutzungsrechte

(Benutzer-Authentifizierung, Rollen und Berechtigungen) in den jeweiligen institutionellen Kontexten berücksichtigen (vgl. Schuh et al. 2020, Krämer et al. 2019). Unter ethischen Gesichtspunkten wird betont, dass der Einsatz intelligenter Robotik kein Selbstzweck sein darf, sondern vielmehr immer unter der Zielsetzung der Förderung von Wohlbefinden gesehen werden muss (vgl. Europäische Kommission 2018). Dieser Grundsatz ist insbesondere auch in Kontexten der Pflegearbeit zu berücksichtigen. Als vertrauenswürdig gilt die Technologie demnach unter der Voraussetzung, dass sie (1) von fundamentalen Rechten, Werten und Prinzipien ausgeht und dabei die besondere Situation von vulnerablen Gruppen ebenso berücksichtigt wie bestehende Asymmetrien in der Verteilung von Information und Macht (ethical purpose), und neben dem mit einer Anwendung verbundenen Nutzen auch potenzielle Risiken kontinuierlich kritisch reflektiert, (2) auf zuverlässig anwendbarem technologischen Wissen basiert (technical robustness). Algorithmenbasierte Anwendungen bergen insbesondere dann Risiken der Diskriminierung, wenn sie zu ungerechtfertigten Benachteiligungen von Personen mit geschützten Merkmalen (Alter, Geschlecht, ethnische Herkunft, Religion, sexuelle Orientierung oder Behinderung) beitragen und damit zugleich auch gesellschaftliche Risiken von Generalisierungsunrecht, Einschränkung der freien Persönlichkeitsentfaltung, von gesellschaftlicher Ungleichheiten oder der Erreichbarkeit von Gleichheits- oder sozialpolitischen Zielen verstärken (vgl. Orwat 2019). Der Achte Altersbericht der Bundesregierung betont diese Aspekte in Bezug auf vulnerable Gruppen, insbesondere auch mit Blick auf pflegebedürftige Menschen (vgl. Bundestag 2020).

9.1.3 Gesamtziel des Kompetenzzentrums

Im Kompetenzzentrum für Robotik und Interaktion für die Pflege (KO:ROP) wird die Kernforschungsfrage beantwortet, wie situations- und personenindividuelle Interaktion mit robotischen Assistenzsystemen für die Pflege gestaltet sein muss, um Pflegearbeit adäquat im Alltag zu unterstützen. Das grundlegende Ziel besteht darin, „gute Pflege“, also eine evidenzbasierte und situations-, aufgaben- und beziehungsorientierte Pflege zu unterstützen und die Interaktion mit Robotik nutzerfreundlich zu gestalten, um die generelle Akzeptanz in der Praxis zu fördern.

KO:ROP wird dazu mehrere Praxiseinrichtungen im Großraum Nordwest in unterschiedlichen Handlungsfeldern der Pflege (akutstationär, langzeitstationär, ambulant/häuslich) mit Robotikkomponenten und -systemen ausstatten, Langzeittests durchführen, die Praxisrelevanz unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vorangegangenen und laufenden einschlägigen BMBF-Förderlinien („Autonome Roboter für Assistenzfunktionen: Interaktive Grundfertigkeiten“ und „Roboter für Assistenzfunktionen: Interaktionsstrategien“ sowie „Robotische Systeme für die Pflege“) untersuchen und klären, inwieweit sich entsprechende Interaktionsstrategien auf die Pflege übertragen lassen und wie diese ggf. zu adaptieren und weiterzuentwickeln sind. Dazu ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Robotik- und KI-Forschung, Pflegeforschung sowie Versorgungspraxis in Zusammenarbeit mit der Interaktionsforschung sowie Herstellern von Robotik-Lösungen für die Pflege notwendig (partizipative Technologie(weiter)entwicklung).

Für die praxisnahe Implementierung von Pflegeassistentenrobotern adressiert das KO:ROP über den aktuellen Stand der Forschung hinaus neben Fragen der Interaktionsfähigkeit von Robotern auch Herausforderungen der Pflegepraxis, der Pflegewissenschaft sowie ökonomische, soziale und rechtliche Problemstellungen. Die zentralen Forschungsfragen sind hierbei:

1. welche Voraussetzungen und Gelingensbedingungen sind für den Einsatz robotischer Systeme in der Pflegepraxis zu erfüllen,
2. wie kann eine sichere, situations- und personenindividuelle Interaktion zwischen unterschiedlichen Akteursgruppen der Pflegepraxis und robotischen Systemen technisch realisiert werden,
3. durch welche Änderungen von Pflege- bzw. Arbeitsprozessen, IT-Unterstützung und Datenschutz sowie Hygieneanforderungen kann eine bedarfs- und nutzergerichte Unterstützung der Pflege durch robotische Systeme erzielt und evaluiert werden.

9.2 Alleinstellungsmerkmale und Abgrenzung zum Stand der Wissenschaft und Technik

9.2.1 Internationaler Stand der Wissenschaft und Technik

9.2.1.1 Stand der Pflegewissenschaft zum Robotikeinsatz in der Pflege

Als Robotik für die Pflege gilt, dem aktuellen Diskurs folgend, Robotik, die zum Einsatz im häuslichen Umfeld, in Pflegeheimen oder Akutkrankenhäusern zur Unterstützung, Assistenz oder Betreuung von kranken, behinderten oder vulnerablen Menschen konzipiert wurde und dabei unterschiedlichste Funktionalitäten vorhalten und unterschiedlichste Gestalt annehmen kann (vgl. Van Wynsberghe 2013, Vallor 2011). Klein et al. 2018 differenzieren in Robotik für a) Rehabilitation, b) Unterstützung des (Pflege-)Personals und c) Unterstützung zu Hause. Häufig wird auch unterschieden in sozio-assistive Systeme in der Pflege (z. B. Emotions- und Interaktionsrobotik), Servicerobotik in der Pflege (z. B. Unterstützung von Mobilität und Selbstpflege) und autonomen Systemen in der Neurorehabilitation (vgl. zur Übersicht Hülsken-Giesler and Remmers 2020). Der Einsatz von Robotik wird aktuell mit Blick auf alle Handlungsfelder der Pflege diskutiert (Krankenhaus, Pflegeheim, häuslichen Umgebung), die Anpassung an typische Anforderungen und Bedarfe in den heterogenen Handlungsfeldern ist dabei entscheidend (vgl. z. B. Meyer and Fricke 2020, Merda et al. 2017, Pino et al. 2015).

Aktuell ist international wie für den deutschsprachigen Raum lediglich eine überschaubare Anzahl an robotischen Systemen für die Pflege verfügbar (vgl. Gliesche et al. 2020a, Kehl 2018, Klein et al. 2018), EU- wie bundesweit werden aber erhebliche Anstrengungen unternommen, um Robotik für die Pflege zu spezifizieren (vgl. Lipp 2019, Bundesministerium für Bildung und Forschung 2018, Klein et al. 2018). Zum Einsatz kommen dabei Systeme im Umfeld der körperfernen Pflege (z. B. Transport- und Logistikrobotik), aber auch Anwendungen, die die direkte Pflege in Bezug auf aufgabenbezogene Tätigkeiten (z. B. Assistenz beim Heben und Transportieren von Patient*innen, (teil-) autonome Esshilfen oder robotische Greifhilfen) und empfindungsbezogene Aufgaben unterstützen (vgl. Kehl 2018, Klein et al. 2018). Neben der derzeit noch unbefriedigenden Datenlage in Bezug auf Akzeptanz,

Effektivität und Effizienz der Systeme (vgl. Krick et al. 2020, 2019, Klein et al. 2018) stellen sich im Kontext der Pflegearbeit dabei besondere Herausforderungen an eine gelungene Mensch-Robotik-Interaktion. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Komplexität und Varianz von Pflegesituationen, die höchst unterschiedliche Mensch-Technik-Interaktionsoptionen erforderlich machen können, als auch mit Blick auf ggf. eingeschränkte Kommunikationsfähigkeiten und -möglichkeiten auf Seiten von Pflegebedürftigen und professionellen wie informellen Helfern in den jeweils konkreten Pflegesituationen. Aktuell verfügbare Robotik für die Pflege ist in der Regel mit vorab definierten Schnittstellen für die Mensch-Robotik-Interaktion ausgestattet (z. B. über Sprache, Gestik, Mimik, Berührung, Eye-Tracking, Fernsteuerung) und determiniert damit die Interaktions- und Kollaborationsoptionen in konkreten Pflegesituationen. Einige etablierte oder in praktischer Erprobung befindliche Systeme reagieren zwar auf verschiedene Interaktionsangebote (z. B. Berührungs-, Sprach- oder Touchsteuerung, vgl. Fang et al. 2019, Marco and Farinella 2018), sind aber noch nicht in der Lage, diese Interaktionsoptionen kontextsensibel und situativ an die Pflegesituation anzupassen. Ansätze, die multimodale Interaktionsformate vorhalten und (zunehmend KI-gestützt) situativ angepasst bereitstellen, sind derzeit noch in der Entwicklungsphase.

9.2.1.2 Robotische Systeme für die Pflege

Im Rahmen einer Literaturrecherche zu Robotersystemen in der Pflege wurden insgesamt 113 Projekte weltweit gefunden (mindestens eine Homepage, für die meisten Projekte auch wissenschaftliche Artikel). Die Anzahl der Artikel pro Projekt variiert. Für die weitere Analyse wurden 140 Artikel ausgewählt. Die in den Artikeln beschriebenen Robotersysteme wurden anhand des Klassifikationsschemas von Hadadin and Croft 2016 hinsichtlich i) der Nähe der Interaktion mit den potenziellen pflegerelevanten Interaktionspartnern (Pflegeperson und Pflegeempfänger*in) sowie ii) des Autonomiegrades des Robotersystems analysiert. Auf dieser Basis lassen sich die existierenden Robotersysteme für die Pflege in vier Klassen unterteilen:

(i) Kollaborative 1–1 Interaktion / Patient*in: Bei dieser Interaktionsform gibt es nur temporär überlappende Arbeitsräume von Patient*in und Assistenzroboter. Die Roboter übernehmen Aufgaben, die von den Patient*innen nicht mehr ausgeführt werden können (Anreichen von Objekten, Unterstützung beim Laufen, soziale Interaktion)

und steigern so ihre Selbständigkeit; die Roboter verfügen über einen hohen Autonomiegrad. Es gibt hohe Anforderungen an die Interaktion und die Produktsicherheit. Bei Assistenzrobotern in diesem Bereich handelt es sich in der Regel nicht um Medizinprodukte. Beispiel für diese Kategorie ist der I-SUPPORT Roboter, welcher mittels visueller Erfassung durch mehrere Tiefenkameras eine sitzende Person mithilfe eines weichen Roboterarms wäscht und somit trotz körperlichen Einschränkungen einen längeren Aufenthalt im eigenen Haushalt ermöglichen soll (vgl. Zlatintsi et al. 2020). Auch Roboter für die Nahrungsanreicherung gehören zur Klasse der kollaborativen Roboter. Bestehende Produkte am Markt können entweder bei fehlender Motorik des Menschen das Essen vom Teller durch eine simplifizierte Steuerung mit einem Löffel heben und anreichen (vgl. Dahl and Boulos 2014) oder mit Sensorik und Aktorik ausgestattete Löffel gleichen Störbewegungen aus, sodass beispielsweise bei einem Tremor in der Hand das Essen noch sicher zum Mund geführt werden kann (vgl. Miocinovic et al. 2016). In diese Kategorie gehören auch Interaktionsroboter, welche als Kommunikationsstarter, Unterhalter oder erinnernde Begleiter gesehen werden. In der Praxis erprobte und stetig weiterentwickelte Produkte sind bspw. die Roboter Pepper (vgl. Pandey and Gelin 2018) oder Nao (vgl. Tapus et al. 2012). Der Vorteil dieser Systeme liegt in der KI-basierten Spracherkennung. Eine Subgruppe bildet die Emotionsrobotik wie die Roboterrobbe Paro (vgl. Šabanović et al. 2013) oder die Katze JustoCat (vgl. Gustafsson et al. 2016), die durch Sensorik u. a. auf Berührung, Licht oder die eigene Körperposition reagieren und beispielsweise bei Menschen mit Demenz einen positiven Effekt und einen leichteren Kommunikationszugang erzielen können.

(ii) Kollaborative 1–1 Interaktion / Pfleger*in: Bei dieser Interaktionsform gibt es nur temporär überlappende Arbeitsräume von Pfleger*in und Assistenzroboter. Die Roboter übernehmen Aufgaben aus der indirekten Pflege (Reinigung, Hol-/Bringdienste) und verfügen über einen hohen Autonomiegrad. Es gibt hohe Anforderungen an die Interaktion und die Produktsicherheit. Bei Assistenzrobotern in diesem Bereich handelt es sich in der Regel nicht um Medizinprodukte. So können Systeme wie der ADLATUS CR 700 (vgl. Babel et al. 2021) mithilfe von Laserscannern und zusätzlicher Sensorik autonom durch große Räume navigieren und dabei den Boden reinigen. Im pflegerischen Kontext spielt die Desinfektion eine noch größere Rolle. Systeme wie der

DeKonBot (vgl. Kyrarini et al. 2021) können beim autonomen Wischdesinfizieren von Türklinken eine Unterstützung darstellen. Der Arbeitsbereich der mobilen Plattform muss hierfür mittels Laserscanner kartiert werden und die Türpositionen müssen danach manuell eingezeichnet werden, damit der Roboter hinterher autonom seiner Aufgabe nachgehen kann. Verfügbare Lösungen für den Bereich der Logistik greifen ggf. auf einen Manipulator zum Anreichen von Gegenständen zurück (vgl. Mišeikis et al. 2020), andere wiederum müssen manuell befüllt werden und ähneln eher einem gängigen Materialtransportwagen mit autonomer Navigation (vgl. Bloss 2011).

(iii) Telekooperative 2–1 Interaktion: Bei dieser Interaktionsform gibt es einen gemeinsamen Arbeitsraum von Patient*in und Assistenzroboter. Der Assistenzroboter wird von der Pflegeperson ferngesteuert. Roboter dieser Kategorie unterstützen die soziale Interaktion und direkte Pfl egetätigkeiten (z. B. Stützen, Halten). Es gibt hohe Anforderungen an die physische Interaktion und die Produktsicherheit. Bei Assistenzrobotern in diesem Bereich handelt es sich teilweise um Medizinprodukte. Ein Beispiel dieser Kategorie ist die soziale Interaktion über Distanz mit Pflegeerbringern (vgl. eHealth Ireland 2020, Casey et al. 2019, Barsocchi et al. 2016, Coradeschi et al. 2014, 2013). Zudem konnte gezeigt werden, dass Pflegefachpersonen einen Manipulator für simple Assistenzaufgaben fernsteuern können (vgl. Gliesche et al. 2020a) und mithilfe von Virtual Reality (VR)-Technologie auch komplexere Pflegeaufgaben aus der Distanz absolvieren können (vgl. Fifelski-von Böhlen et al. 2020a).

(iv) Kooperative 2–1 Interaktion: Bei dieser Interaktionsform liegt ein gemeinsamer Arbeitsraum von Pfleger*in, Patient*in und Assistenzroboter vor: Der Assistenzroboter unterstützt und entlastet die Pflegeperson unmittelbar bei der Arbeit an den Patient*innen (z. B. Umlagern, Transfer). Es gibt höchste Anforderungen an die Interaktion und die Produktsicherheit. Bei Assistenzrobotern in diesem Bereich handelt es sich in der Regel um Medizinprodukte. In dieser Kategorie gibt es noch relativ wenige Systeme. Bestehende Ansätze ähneln meist einem modularen Patientenlifter mit teilautonomen Zusatzfunktionen und sollen der Pflegefachperson eine körperliche Entlastung bieten, indem die Roboter an das Bett heranfahren und entweder als Stütze dienen oder die pflegebedürftige Person unter Beobachtung einer Pflegefachperson gänzlich heben (vgl. Graf 2020, Mukai et al. 2010). Für das Umlagern von Patient*innen im Bett können Roboter entweder zum Halten über mehrere Kontaktpunkte unterstützen (vgl. Gliesche

et al. 2021b,a) oder die Pflegeperson durch Kräfte, die ein Roboterarm zusätzlich und zeitlich synchronisiert aufbringt, körperlich entlasten (vgl. Kowalski et al. 2020).

9.2.1.3 Interaktionskonzepte für die Mensch-Roboter-Interaktion

Die Mensch-Roboter-Interaktion ist ein sehr aktuelles und dynamisches Forschungsgebiet der Robotik. Grundsätzlich ist die Entwicklung von spezifischen Interaktionskonzepten für die Beziehung zwischen Mensch und Roboter von Bedeutung, da diese Interaktion nachweislich auf andere Weise stattfindet als zwischen Menschen (vgl. Young et al. 2011). Konzepte der Mensch-Robotik-Interaktion sind daher breit gefächert. Der entsprechende Stand der Wissenschaft und Technik ist sehr unterschiedlich, je nachdem, welches Interaktionskonzept man betrachtet – so sind bspw. Sprachassistenzsysteme in elektronischen Geräten, Maschinen und robotischen Systemen etabliert. Herausforderungen bestehen auch für die systematische Bewertung von Mensch-Roboter-Interaktionskonzepten, insbesondere in Bezug auf die Auswahl und Quantifizierung von Messkriterien für Kontexte der sozialen Interaktion (subjektive Bewertungen, beeinträchtigte Sinnes- und Kommunikationsleistungen z. B. bei älteren und/oder pflegebedürftigen Menschen) (vgl. Šabanović et al. 2013). Vergleichende Veröffentlichungen verweisen hier auf einen hohen Forschungsbedarf (vgl. Alenljung et al. 2019).

Analog zu den existierenden Robotersystemen lassen sich Mensch-Roboter-Interaktionskonzepte in die oben erläuterten vier Klassen kategorisieren. Roboter in der Klasse Kollaboration mit der Pflege stellen ein mobiles Arbeitsgerät dar. Der Roboter dient als Arbeitshilfe oder mobiler Werkzeugkasten und stellt sich aktiv zur Verfügung, ohne dass der Mensch das Werkzeug aufsuchen muss (vgl. Graf et al. 2019). Enthaltene Funktionalitäten sind dabei Geräte wie Drucker, Kühlschrank, medizinische Geräte u. v. m. oder schlichtweg ein Lastentransport zur physischen Entlastung. Näher am Menschen und dem Bereich motorischer Interaktion findet sich die Kraftunterstützung, die bspw. als Roboteranzug bzw. Exoskelett realisiert ist. Unterstützt werden hierbei Bewegungen, die der Mensch nicht mehr in der gewünschten Intensität durchführen kann. Als Prothesen übernehmen Roboter gänzlich Bewegungen, zu denen der Mensch nicht in der Lage ist. Ebenfalls aufgabenorientiert ist die informative Interaktion, bei der der Roboter als Ortsführer oder Auskunftsstelle fungiert (vgl. Tellez et al. 2008).

Dieses Konzept ist in der Robotik allgemein weit verbreitet, findet sich speziell in der Pflege aufgrund ihres medizinischen Hintergrunds jedoch wenig in Form von Robotern.

In die Klassen Telekooperation und Kollaboration mit Patient*innen gehören Interaktionskonzepte des gegenseitigen Erkennens und Verstehens. Gestenerkennung und Aufbau von Blickkontakt sind prinzipiell verfügbare Fähigkeiten eines Roboters (vgl. Sakagami et al. 2002). In der Regel beherrscht er hierbei allerdings nur einen Teil der rein menschlichen Interaktion. Ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren, bspw. in der Erkennung, ob der Mensch dem Roboter in einem bestimmten Moment Aufmerksamkeit schenkt, ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten (vgl. Graf 2020). Im Bereich emotionaler Interaktion sind sowohl Konzepte zur Erkennung menschlicher Emotionen als auch zur Simulation und Darstellung von Emotionen seitens des Roboters seit langer Zeit in der Erforschung (vgl. Breazeal 2000). Als Medium zur Kommunikation, bspw. zur Telepräsenz, sind Roboter bereits vielfältig im Einsatz. Jedoch eignen sich Roboter auch als unmittelbare Gesprächspartner, da die Konzepte zu Sprachverständnis und -wiedergabe bereits weit entwickelt sind. Forschung findet hierzu vorrangig zum Verständnis menschlicher Sprache statt, in der die Gesprächspartner Informationen aus Hintergrundwissen und Kontext erschließen müssen.

9.2.2 Vorteile gegenüber konkurrierenden Lösungsansätzen

Das im KO:ROP verfolgte Konzept der Einbindung von mehreren robotischen Komponenten und Lösungen und den damit verbundenen Interaktionskonzepten und -strategien in die drei relevanten Handlungsfelder der Pflege bietet gegenüber den üblichen Forschungsprojekten (insbesondere der BMBF-Förderlinie „Robotische Systeme für die Pflege“ aber auch den vorangegangenen Förderlinien RA1 und RA2) eine Reihe *methodischer* und *technologischer Vorteile*:

- Sowohl den Pflegeerbringern als auch den Pflegeempfänger*innen wird eine Bandbreite von technologischen Lösungen angeboten, die typische Herausforderungen der aufgabenorientierten und beziehungsorientierten Pflege adressieren. Sie können sich aufgrund der Installation in konkreten Kontexten der Pflegearbeit und -bildung über einen längeren Zeitraum (siehe Abbildung 9.2) in die Technologien einarbeiten und diese erproben. Dies ermöglicht eine intensive

Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten und Beschränkungen der Systeme und den jeweils vorgehaltenen Interaktionsmöglichkeiten, die systematisch evaluiert werden. Die Erkenntnisse fließen in die Weiterentwicklung der Systeme sowie die entsprechenden Arbeitsprozesse der Pflege zurück. Damit können a) partizipativ-iterative Weiterentwicklungen der Mensch-Technik-Interaktion in der Pflege systematisch sichergestellt und b) Längsschnittstudien zu Robotik in allen relevanten Handlungsfeldern der Versorgungspraxis der Pflege realisiert werden.

- Gegenüber der üblichen Praxis, robotische Systeme in Laboren (d. h. künstlich vereinfachten Umwelten) mit hochtechnisierten Einsatzumgebungen und geschultem Fachpersonal zu entwickeln, realisiert das KO:ROP den Einsatz in der realen Praxis der Pflege in den relevanten Handlungsfeldern mit häufig geringer Infrastruktur, begrenzter Erfahrung im Umgang mit mechatronischen Systemen und hoher Vielfalt an räumlichen Rahmenbedingungen. Das KO:ROP nutzt diese realen Einsatzbedingungen, um systematische Analysen der Ausgangssituationen in den Handlungsfeldern der Pflege durchzuführen, Einsatzbarrieren zu identifizieren (z. B. in Bezug auf IT-Infrastruktur und Schnittstellen, Akzeptanz und rechtliche und ethische Rahmenbedingungen), Risiken des Robotereinsatzes in der Pflege für Patient*innen zu identifizieren, Zu- und Angehörige sowie Mitarbeiter*innen der Pflege zu erkennen und diese Erkenntnisse der Versorgungspraxis sowie Entwickler*innen und Anwender*innen robotischer Systeme zur Verfügung zu stellen. Damit soll die Markteintrittshürde insbesondere bei Systemen, die als Medizinprodukt klassifiziert werden, gesenkt werden (Offenlegung der Risikoanalysen insbesondere mit Blick auf Interaktionsformen und -konzepte, Bereitstellung von Testszenarien und -räumen). Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund relevant, dass bei komplexeren Medizinprodukten Bedien- bzw. Handhabungsfehler bei kritischen Ereignissen und Unfällen dominieren (vgl. Lauer 2013, Backhaus 2010, Wiesollek et al. 2008, Bleyer 1992) und die Zulassung klare Systemgrenzen und damit eher einfache Interaktionsmechanismen erfordert.
- Sowohl die Analyse der aktuellen Prozesse (mit Schwerpunkt auf der Interaktion zwischen Pflegeperson und -empfänger*in) als auch der roboterunterstützten Prozesse wird auf Basis von (Tiefen-)Kamera-Aufnahmen erfolgen (vgl. Brink-

mann et al. 2020, Fifelski et al. 2018). Nach der Analyse und entsprechenden Anonymisierung (bspw. Ersetzung von Bildaufnahmen von Personen durch Skelettmodelle) können diese Datenbasen auch zur Optimierung der Interaktionsstrategien anderer Robotersysteme und übergreifender Systeme wie der Mensch-Modell-Komponente (siehe Abschnitt 9.3.3) genutzt werden.

- Im KO:ROP wird eine modulare Sensorbox zur flexiblen Anpassung der Mensch-Roboter-Interaktion an die situativen Bedarfe der Pflege entwickelt und erprobt (siehe Abschnitt 9.3.3). Die Modularität dieser Sensorbox bietet bei der Datenerhebung auf zweierlei Weise Flexibilität: Zum einen ist eine situationsgerechte Anpassung der Mensch-Technik-Interaktion leicht ohne Umbau des Roboters möglich, zum anderen kann die Box mit anderen Robotern oder in weiteren Anwendungen eingesetzt werden, die über dieses Projektvorhaben hinausgehen. Dieser modulare Ansatz findet sich bisher nicht in bestehenden Lösungsansätzen für die Pflege. Dabei liegen keine Schutzrechte dritter Parteien vor, die solch einer Vorgehensweise im Wege stehen. Bezüglich der technischen Umsetzung werden vorhandene Standards berücksichtigt, auf die in Abschnitt 9.3.3 zur technischen Perspektive eingegangen wird.
- Um auch robotische Systeme, die als Medizinprodukte klassifiziert werden, aber noch nicht zugelassen sind, früh in der Praxis einsetzen zu können, ist die Einrichtung von Experimentierräumen in den Einrichtungen geplant. Patient*innen werden hier teilweise durch Trainingspuppen ersetzt; allerdings werden diese so erweitert, dass Videoaufnahmen aus Sicht der Patient*innen aufgenommen werden und entweder während der Ausführung oder später über VR-Brillen den Patient*innen in einem sicheren Bereich gezeigt werden (vgl. Fifelski-von Böhlen et al. 2020b), so dass diese eine realistische Einschätzung der Konsequenzen des Robotereinsatzes entwickeln können. Auch für die Pflegepersonen ist das Umfeld so gestaltet, dass keine Risiken entstehen können, die Handhabung aber realitätsnah gestaltet ist. In den ersten Iterationen werden die Interaktionen und Bewegungen der Roboter durch technische Projektmitarbeiter*innen per Teleoperation gesteuert (Wizard-of-Oz-Tests).

9.2.3 Risikodarstellung

Risiko	W / H ²	Alternative Lösungsstrategien & Maßnahmen
Es ist noch unklar, wie Interaktionsstrategien aussehen müssen, die auch in Stresssituationen der Pflege tragfähig ist. Daher könnten Interaktionsstrategien erarbeitet werden, die in Extremsituationen versagen.	niedrig / hoch	Die Breite der Interaktionsstrategien sowie der gewählten Handlungsfelder minimiert das Risiko. Durch Einbindung geschulten Pflegepersonals und die phasenweise Erprobung mit Überarbeitungsschritten wird die Eignung der Interaktionsstrategien validiert.
Es ist unklar, wann und in welchem Volumen sich der Markt für Robotik-Lösungen in der Pflege entwickelt. Es besteht daher das Risiko, dass die Projektergebnisse für einige Einsatzszenarien zu spät vorliegen.	mittel / gering	Die Projektdauer ist für den Umfang der Erprobungen notwendig. Durch die Detailliertheit der Experimente und die Modularität der technischen Umsetzung kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse auch nach einer zeitlichen Verschiebung der Marktentwicklung noch relevant sind.
Das Projektvorhaben beabsichtigt, geeignete Interaktionsstrategien als Vorarbeiten für zukünftige Medizinproduktezulassungen zu entwickeln, die sich später nur noch sehr begrenzt verändern lassen, ohne die Zulassung zu verlieren. Risiko besteht, dass Anpassungen über dieses Maß hinaus notwendig sind.	mittel / hoch	Im Projektvorhaben werden bereits zugelassene medizinische Produkte unverändert eingesetzt, soweit sie vorhanden sind. Zudem zielt die Einbindung erfahrener Projektpartner aus dem Pflegebetrieb darauf hin, relevante Interaktionsstrategien zu erarbeiten, die möglichst wenig Anpassungen in der Zukunft benötigen.
Roboter im Alltagsbetrieb werden in der Gesellschaft zum Teil immer noch als Fremdkörper empfunden. Die Akzeptanz der erarbeiteten Lösungen sowohl durch das Pflegepersonal als auch durch die zu Pflegenden ist somit gefährdet. In Extremfällen kann sich dies gar in einer Sabotage der Erprobungen äußern.	niedrig / hoch	Diesem Risiko wird durch die engmaschige persönliche Begleitung während des Projektvorhabens entgegengetreten. Auf Seite des Pflegepersonals ist essenziell, dass die Pflegenden in die Entwicklungs- und Umsetzungsprozesse eingebunden sind. Für die zu Pflegenden bedeutet dies, dass sie auch bei robotischer Unterstützung nicht allein gelassen werden, sondern geschultes Personal zur Seite haben.
Das Projektvorhaben dient der Entwicklung von Methodik, die eine unterstützende Funktion von Robotern in der Pflege vorsieht. Der empfundene Mehrwert für das Pflegepersonal könnte gering sein, wenn sich Arbeit lediglich verschiebt, aber nicht reduziert wird.	niedrig / mittel	Durch Vorarbeiten, durch Referenzen auf einschlägige Literatur und durch die intensive Kooperation mit verschiedenen Pflegebetrieben wird erarbeitet, was das Pflegepersonal als relevant und nützlich erachtet, und in iterativen Verbesserungszyklen erprobt.
Durch die MDR wurde der Projektantragsprozess verändert. Die Dauer zur Bewilligung von Ethikanträgen kann das Projektvorhaben verzögern, weil die Zulassung durch die BfArM nach dem Antrag mehrere Monate in Anspruch nehmen kann.	hoch / mittel	Der Projektplan sieht eine initiale Phase mit technischen und methodischen Vorbereitungen vor, so dass dieser Zeitraum in jedem Fall genutzt werden kann. Weitere Verzögerungen können gegebenenfalls durch die Flexibilität im Arbeitsplan kompensiert werden.

Tabelle 9.1: W = Eintrittswahrscheinlichkeit, H = Schadenshöhe im Fall des Eintritts.

9.3 Wissenschaftliche und technische Methoden sowie Arbeitsziele des Kompetenzzentrums

Aus dem Gesamtziel des Kompetenzzentrums (siehe Abschnitt 9.1.3) leiten sich verschiedene wissenschaftliche und technische Arbeitsziele ab. Der zentrale Anspruch, alltagstaugliche, integrierbare Lösungen für den Pflegealltag zu erzeugen, erfordert dabei eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit, die disziplinspezifische und überdisziplinäre Arbeitsziele verfolgt und eine enge partizipative Zusammenarbeit mit den Einrichtungen der Versorgungspraxis (Krankenhaus, Pflegeheim, häusliche Pflege) sowie den Akteuren der Pflege (Pflegepersonen und Pflegeempfänger*innen) voraussetzt.

9.3.1 Lösungsansatz

9.3.1.1 Vorgehensmodell

Die Erprobung und Anpassung der Assistenzroboter erfolgt in drei Settings sowie jeweils differenziert nach den zwei in Abschnitt 9.1.1 vorgestellten Aufgabenarten der aufgaben- bzw. beziehungsorientierten Aspekte der Pflegearbeit nach einem iterativen Vorgehensmodell in folgenden Schritten:

1. **Vorstellung des Erprobungs- und Evaluationskonzepts** in der Einrichtung vor Mitarbeiter*innen aus der Pflegepraxis unter Einbeziehung von Geschäftsführung, Betriebsrat/Mitarbeitervertretung, Datenschutz- und Sicherheitsbeauftragten, IT, Patient*innen und ggf. deren Angehörigen.
2. **Erstellung eines Ethikantrags** und Einholung eines Ethikvotums für die Studiendurchführung und Evaluation.
3. **Identifikation der konkreten Arbeitsbereiche** des Robotersystems sowie der Sensorik zur Umgebungserfassung in Zusammenarbeit mit der Versorgungspraxis, Information der dort tätigen Mitarbeiter*innen und Patient*innen und Angehörigen.
4. **Qualitative und standardisierte Erhebungen** zu ausgesuchten Fragestellungen (z. B. Anforderungen an die Mensch-Technik-Interaktion, Technikakzeptanz, Belastungserleben in der Pflege, Arbeitsprozessgestaltung, ethische Herausforderungen, Erwartungen etc.).

5. **Einführung des Roboters** im ausgewählten Use-Case (gemeinsam mit Projektmitarbeiter*innen, Pflegepersonen und Patient*innen/Angehörige), Feinanpassung des Use-Cases.
6. Rückzug der technischen Projektmitarbeiter, Remote-Optimierung bzw. **Adaption der Mensch-Roboter-Interaktion** mit „Wizard-of-Oz“-Experimenten, teilnehmende Beobachtung durch Pflegewissenschaft mit Fokus auf Mensch-Roboter-Interaktion.
7. **Qualitative und standardisierte Erhebungen** zu den Erfahrungen des Robotikeinsatzes in den konkreten Handlungsfeldern aus Sicht der Pflege (z. B. Anpassung von Interaktions- und Arbeitsprozessen, Akzeptanz der konkreten Robotik, Entwicklung Belastungserleben, ethische Herausforderungen etc.).
8. **Design-Sessions** der Pflegepersonen und Patient*innen/Angehörige für weitere Use Cases oder Interaktionskonzepte. *Die Schritte 3-8 werden bei jeder Iteration wiederholt.*
9. **Abschlussworkshop** mit Projektmitarbeiter*innen, Patient*innen/Angehörigen sowie Mitarbeiter*innen der drei Einrichtungen und Geschäftsführungen zur Bewertung der Praxisphase, zur Ableitung von Optimierungen sowie zur Bewertung des Robotereinsatzes hinsichtlich Nutzen, Wirtschaftlichkeit und Verträglichkeit mit den Werten der Pflege.

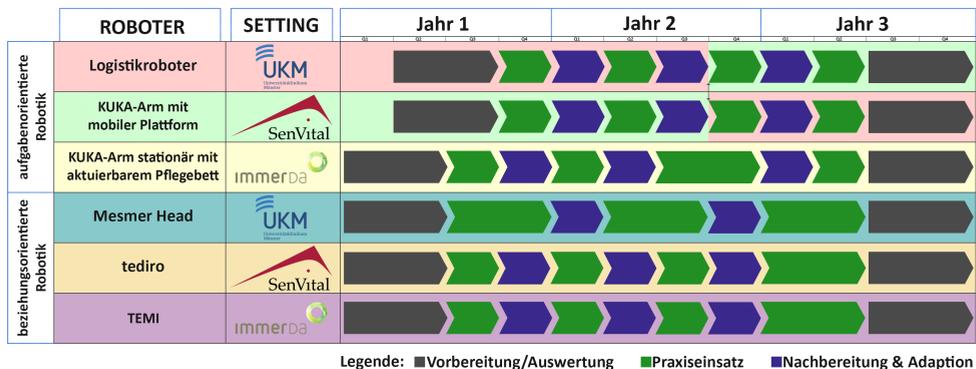


Abbildung 9.2: Phasenmodell für den Robotikeinsatz in den sechs Pflegesettings.

Dort, wo dies sinnvoll erscheint, ist darüber hinaus geplant, die Roboter in mehreren Pflegesettings zu erproben, d. h. sie nach zwei Erprobungsphasen in ein anderes Pflegesetting zu portieren. Dies betrifft primär die Settings S1 und S2 (aufgabenorientierte Robotik in der stationären Pflege). Das geplante Vorgehen wird über das Phasenmodell in Abbildung 9.2 veranschaulicht. Insgesamt ermöglicht dieses Vorgehen 24 (iterative) Feldstudien mit Robotik bei einem kumulierten Testzeitraum von 90 Monaten.

Darüber hinaus sollen Komponenten oder Teillösungen auch über die Settings und Aufgabenarten hinweg diskutiert und ggf. gegeneinander evaluiert werden (bspw. Vergleich des Mesmer Head mit vereinfachten „Köpfen“ anderer Robotersysteme wie tedi-ro oder Pepper; Nutzung von Transportlösungen auch in der häuslichen Umgebung etc.).

9.3.1.2 Einsatz und Auswahl der robotischen Systeme

Das KO:ROP erprobt Robotik in den pflegerischen Handlungsfeldern der *stationären Akutpflege*, der *stationären Langzeitpflege* und der *ambulanten Pflege* und differenziert dazu den Einsatz in Kontexten der *aufgabenorientierten* und der *beziehungsorientierten Pflege* (siehe Abschnitt 9.1.1). Ziel des KO:ROP ist es, in jedem der sich daraus ergebenden sechs Settings robotische Systeme zur Unterstützung der Pflege in den Praxiseinsatz zu bringen, Interaktionskonzepte zu erproben, zu evaluieren und iterativ weiterzuentwickeln. Dabei sollen alle in Abschnitt 9.2.1.2 dargestellten Interaktionstypen abgedeckt werden. Abbildung 9.3 stellt die Pflegesettings, Praxispartner, Assistenzroboter, Anwendungsfälle und Interaktionstypen, die im KO:ROP erprobt, evaluiert und weiterentwickelt werden, überblicksartig vor.

	Stationäre Akutpflege 	Stationäre Langzeitpflege 	Ambulante Intensivpflege 
aufgabenorientierte Robotik	S1: Aktivitätsassistentz/Logistik Roboter: DFKI-Logistikroboter Interaktionstyp: Kollaborative 1-1 Interaktion	S2: Mobilisierungs- und Aktivitätsassistentz Roboter: KUKA-Arme und mobile Plattform KMR iiwa Interaktionstyp: Kooperative 2-1 Interaktion	S3: Integrierte Mobilisierungs- und Aktivitätsassistentz Roboter: KUKA sowie Pflegebett Interaktionstyp: Kooperative 2-1 Interaktion und kollaborative 1-1 Interaktion
beziehungsorientierte Robotik	S4: Telepräsenz Roboter: Mesmer Head Interaktionstyp: Telekooperative 2-1 Interaktion	S5: Motivation und Monitoring Roboter: tediro Interaktionstyp: Kollaborative 1-1 Interaktion	S6: Telepräsenz Roboter: TEMI Interaktionstyp: Telekooperative 2-1 Interaktion

Abbildung 9.3: Pflegesettings, Assistenzfunktionen und Interaktionsformen im Überblick.

Setting S1: Aufgabenorientierte robotische Unterstützung in der stationären Akutpflege

In der stationären Akutpflege ist der Einsatz eines Logistikroboters vorgesehen, der Gegenstände und Verbrauchsmaterial autonom zum Ort der Pflege transportieren kann (vgl. Abbildung 9.4). Ziel dieses Use-Cases ist die zeitliche Entlastung der Pflegepersonen durch die Übernahme von Routineaufgaben durch den Roboter. Hierbei handelt es sich um eine kollaborative 1–1 Interaktion mit Pflegepersonen. Ansätze zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion sind hierbei z. B. Zieleingaben durch die Kombination von Sprache und Gesten sowie die situativ angemessene Annäherung an die Pflegeperson (optimaler Zugriff auf das transportierte Objekt bei verschiedenen Aufgaben und räumlichen Einschränkungen). Ziel ist die Maximierung der zeitlichen Entlastung der Pflegepersonen durch die optimale Anpassung der Bewegung des Roboters an die Arbeitsvorgänge der Pflegepersonen. Nach zwei Iterationen der



Abbildung 9.4: DFKI-Logistikroboter (©DFKI, Annemarie Popp).

Erprobung und Verbesserung wird dieses System mit dem in Setting S2 eingesetzten System getauscht, so dass beide Systeme an beiden Standorten zum Einsatz kommen.

Setting S2: Aufgabenorientierte robotische Unterstützung in der stationären Langzeitpflege

In der stationären Langzeitpflege ist der Einsatz einer mobilen Plattform mit einem Manipulator (KUKA KMR iiwa, vgl. Abbildung 9.5) in Kombination mit einem aktuierten Pflegebett vorgesehen. Use-Case ist die robotische Assistenz beim Umlagern, Transfer, Halten und Transport der Patient*innen sowie bei der Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme.



Abbildung 9.5:
KUKA KMR iiwa.

Hierbei handelt es sich um eine kooperative 2–1 Interaktion. Ansätze zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion sind hierbei eine Optimierung durch Gesten, verbale Interaktion oder kooperative Kraftregelung, eine Anpassung an Patient*innen-individuelle Abläufe und Techniken sowie Eingriffsmöglichkeiten der Patient*innen (z. B. Gegenkraft, Gesten). Ziel ist die Reduktion der körperlichen Belastung der Pflegepersonen. Da es sich bei diesem System um ein Medizinprodukt handelt, ist in den ersten beiden Iterationen die Identifikation von akzeptierten und sicheren Abläufen sowie deren Risikobewertung und Ableitung von Maßnahmen für Komponentenhersteller und Integratoren / Inverkehrbringer sowie die Erprobung in gesicherten Experimentierräumen im Rahmen der *Pflegeausbildung* ohne Patientenkontakt – d. h. mit Schulungspuppen – geplant. Die Abläufe werden aber aus Patient*innen- bzw. Puppensicht aufgezeichnet und mit Patient*innen diskutiert, um auch ihren Bedarf und ihre Wünsche in eine iterative Optimierung einfließen zu lassen. Eine finale Erprobung ist nach Zulassung in S1 vorgesehen.

Im späteren Projektverlauf können evtl. Ergebnisse und Systeme aus dem zu Beginn noch parallellaufenden BMBF-Projekt „PeTRA“ hinsichtlich Benutzerakzeptanz und Mensch-Maschine-Interaktion weiterführend evaluiert werden. Das Konzept „PeTRA“ kann sowohl die Mobilität der Patient*innen erweitern als auch die Pflegepersonen und Patient*innen mit Assistenzfunktion unterstützen.

Setting S3: Aufgabenorientierte robotische Unterstützung in der ambulanten Pflege



Abbildung 9.6: Manipulatoren (KUKA iiwa) montiert an einem aktuierten Pflegebett.

In der ambulanten Pflege ist der ortsfeste Einsatz von Manipulatoren (KUKA iiwa Med) in Kombination mit einem aktuierten Pflegebett vorgesehen (vgl. Abbildung 9.6). Während dies in der klassischen ambulanten Pflege auf dem heutigen Stand der Technik nicht kosteneffektiv sein dürfte, erscheint ein Einsatz in der ambulanten Intensivpflege – konkret bei Beatmungspatient*innen – durchaus angemessen. Use-Cases sind die Assistenz beim Umlagern, Transfer, Halten und bei der Mobilisation der Patient*innen sowie Assistenz bei täglichen Aktivitäten der Patient*innen (z. B. Nahrungsanreicherung, Körperpflege). Hierbei handelt es sich um eine kooperative 2–1 Interaktion. Ansätze zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion sind wie bei Setting S2 eine Optimierung durch Gesten, verbale Interaktion oder kooperative Kraftregelung, eine Anpassung an Patienten-individuelle Abläufe und Techniken sowie Eingriffsmöglichkeiten der Patient*innen (z. B. Gegenkraft, Gesten). Ziel ist die Identifikation von akzeptierten und sicheren Abläufen sowie deren Risikobewertung und Ableitung von Maßnahmen für Komponentenhersteller und Integratoren bzw. Inverkehrbringer. Da dieser Use Case beim Einsatz an Patient*innen in den Geltungsbereich des Medizinproduktegesetzes fallen würde, ist auch hier ein Einsatz im Rahmen der innerbetrieblichen *Fort- und Weiterbildung* in einem separaten Schulungs- und Experimentierraum vorgesehen.

Setting S4: Beziehungsbezogene robotische Unterstützung in der stationären Akutpflege

Für die beziehungsorientierte robotische Unterstützung in der stationären Akutpflege ist ein humanoides Robotersystem namens „Mesmer Head“ vorgesehen (vgl. Abbildung 9.7), welches den Kopf eines Menschen darstellt. Use-Case ist die Simulation von Reaktionsmustern von Patient*innen auf Pflegemaßnahmen, insbesondere der Umgang mit schwierigen Situationen

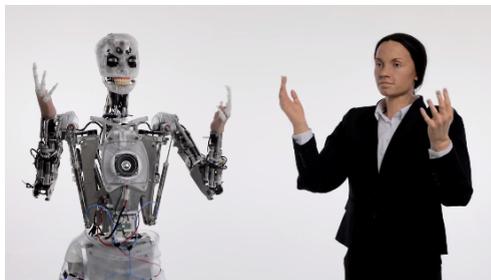


Abbildung 9.7: Mesmer humanoid robot (© Engineered Arts Ltd.).

etwa in der Pflege von Demenzbetroffenen. Fälle, in denen Patient*innen negativ (stark emotional, aggressiv usw.) auf Pflegemaßnahmen und die Pflegepersonen reagieren, können mit diesem System simuliert und für das Training von Pflegepersonen für die Bewältigung solcher Situationen eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um eine telekooperative 2–1 Interaktion. Ziel des Ausbildungs-Use Cases ist die bessere Vorbereitung und damit später in der Pflegepraxis ein professioneller Umgang mit derartigen Extremsituationen. Hier soll auch das Potential des Kopfes inklusive Sprachinteraktion zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion diskutiert und geprüft werden, wie stark die Aversion („uncanny valley“) gegenüber einer solch menschenähnlichen Repräsentation ist.

Setting S5: Beziehungsbezogene robotische Unterstützung in der stationären Langzeitpflege

Für die beziehungsbezogene robotische Unterstützung in der stationären Langzeitpflege ist eine mobile Plattform der tediro GmbH vorgesehen, welche autonom mit Patient*innen interagiert (vgl. Abbildung 9.8). Use-Cases sind die Patient*innenbegleitung, Motivation zu mehr Bewegung als gesundheitspräventive Maßnahme mit eventuell positiven Effekten auf Betreuungsaufwand der Pflegebedürftigen, das automatische Monitoring und die Dokumentation von Bewegung sowie die Überwachung und ggf. Korrektur von Bewegungen etwa nach einer Fraktur. Hierbei handelt es sich um eine kollaborative 1–1 Interaktion.

Ansätze zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion sind hier einerseits die Konfiguration, Initialisierung und Nachnutzung durch Pflegepersonen, andererseits erweiterte Mixed-Reality-Schnittstellen für Menschen mit kognitiven Einschränkungen. Des Weiteren könnte das System um Assessments zur Delir-detektion bei Intensivpatient*innen erweitert werden. Ziel ist die Erweiterung des Einsatzspektrums des Systems sowie die Identifikation von relevanten Patient*innenrisiken als Grundlage für die Zulassung des Systems als Medizinprodukt.



Abbildung 9.8:
tediro (© tedi-ro).

Setting S6: Beziehungsbezogene robotische Unterstützung in der ambulanten Pflege

Für die beziehungsbezogene robotische Unterstützung in der ambulanten Pflege ist eine mobile Plattform namens TEMI vorgesehen, welche primär als Telepräsenzlösung sowie für die Übertragung von Vitalparametern konzipiert ist (vgl. Abbildung 9.9). Use Cases sind die Patient*innenbegleitung, das automatische Monitoring und die Dokumentation von Vitalparametern sowie die Interaktion mit räumlich entfernten Pflegepersonen bzw. Zu- und Angehörigen. Hierbei handelt es sich um eine telekooperative 2–1 Interaktion. Ansätze zur Optimierung der Mensch-Roboter-Interaktion sind die Konfiguration, Initialisierung und Nachnutzung durch Pflegepersonen sowie erweiterte Mixed-Reality-Schnittstellen für Menschen mit kognitiven Einschränkungen oder Intensivpatient*innen. Ziel ist auch hier die Erweiterung des Einsatzspektrums des Systems.



Abbildung 9.9:
TEMI.

9.3.2 Pflegewissenschaftliche Perspektive

Robotische Systeme für die Pflege sollen, so der Stand der internationalen Diskussion, personell gestützte Pflege (als personenbezogene Dienstleistung) nicht primär ersetzen. Vielmehr sollen sie das pflegerische Handeln in den Kernprozessen unterstützen, also durch den Einsatz von robotischen Systemen Pflege als Wissensarbeit (externe und interne Evidenz), als Interaktionsarbeit (Gefühlsarbeit, Emotionsarbeit, Kooperationsarbeit), als Körperarbeit (Arbeit am und mit dem Körper von Menschen) und als Arbeit in Ungewissheit (begrenzte Standardisierbarkeit) in ggf. komplexen Versorgungsarrangements in den verschiedenen Handlungsfeldern der Pflege ermöglichen und befördern (vgl. Hülsken-Giesler and Remmers 2020).

Im Rahmen des KO:ROP wird geprüft, inwieweit derzeit verfügbare Robotik in der Lage ist, diese Kerndimensionen des pflegerischen Handelns durch angemessene Interaktionsformen in der Kollaboration und Kooperation zwischen Menschen und Robotik angemessen zu unterstützen. Besondere Bedeutung für die Interaktion haben dabei die konkreten Arbeitsprozesse und -routinen der beruflich Pflegenden sowie die individuell ausgeprägte Vulnerabilität der Patient*innen in körperlicher (Mobilitätseinschränkungen, besondere/individuelle Schmerzempfindungen) und/oder kognitiver Hinsicht (demenzielle Erkrankungen, Delir). Die pflegewissenschaftliche Perspektive fragt vor diesem Hintergrund (in Zusammenarbeit mit den sozialwissenschaftlichen KO:ROP-Partnern SIBIS und YOUSE GmbH) nach Aspekten der arbeitsprozessspezifischen Mensch-Technik-Interaktion, nach Erfordernissen der Arbeitsprozessentwicklung und dem Ent- und Belastungserleben von Pflegenden unter Bedingungen der Integration von Robotik, nach der Akzeptanz und prozessspezifischen Handhabbarkeit konkreter Systeme, nach der institutionellen Einpassung von Robotik in der Pflege sowie nach ethischen und pflegeethischen Herausforderungen im Zusammenhang mit den Projektzielen. Dazu werden alle 24 iterativen Feldtests durch standardisierte (Onlinebefragungen) und qualitative (Workshops, Fokusgruppen und Einzelinterviews) Erhebungen gerahmt (jeweils t0 + t1) und durch teilnehmende Beobachtung begleitet. Insgesamt sind damit 48 Gruppeninterviews, 72 Einzelinterviews, 72 Beobachtungstage und 48 standardisierte Onlineerhebungen vorgesehen. Vor diesem Hintergrund werden Empfehlungen a) zur Weiterentwicklung von Interaktionsformen in der Kollaboration zwischen Menschen und Robotik und b) zur Weiterentwicklung von Arbeitsprozessen

der Pflege unter Bedingungen der robotisch-gestützten Pflege unter pflegefachlichen, pflegewissenschaftlichen und pflegeethischen Gesichtspunkten erarbeitet und in die Weiterentwicklung der Robotik und sowie der Versorgungspraxis zurückgespiegelt. Dies erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Praxispartner*innen sowie mit relevanten Akteuren im Pflegesystem (Berufsverbände, Gewerkschaften, BGW, Pflegeethik). Die empirischen Erhebungen sind als formative Evaluationen (Feedback zur Weiterentwicklung Mensch-Roboter-Interaktion, organisationale Entwicklungen, qualifikatorische Herausforderungen etc.) und summative Evaluationen (Entwicklung von konkreter Technologieakzeptanz, Belastungserleben, Arbeitszufriedenheit etc. im Sinne von Längsschnittstudien) angelegt. Die empirischen Arbeiten berücksichtigen ein „Bewertungs-Tool Robotische Systeme für die Pflege“, das aktuell im Rahmen des Wissenschaftlichen Begleitprojektes (BeBeRobot) zur BMBF-Förderlinie „Robotische Systeme für die Pflege“ entwickelt wird. Weiterhin wird ein Qualifizierungsprogramm „Mensch-Robotik-Interaktion in der Pflege“ entwickelt, erprobt und evaluiert, das beruflich Pflegende auf die enge Zusammenarbeit mit robotischen Systemen in der Pflege in ggf. auch breiteren Pflegearrangements vorbereitet und diese u. a. auch zur Beratung und Schulung von weiteren Akteuren (z. B. pflegende Angehörige, Pflegeassistenten, Betreuungspersonen, weitere Gesundheitsfachberufe) befähigt. Entwickelt werden überdies Storys und Dialoge zum Einsatz der Mesmer-Robotik im Rahmen der Pflegebildung (Interaktionsübungen „Herausforderndes Verhalten“). Schließlich wird der fachöffentliche und öffentliche Diskurs zum Thema vorangetrieben, um die berufliche Pflege sowie Bürger*innen in die Entwicklungen einzubinden und die Zukunft der Pflege mitzugestalten. Diese Einbindung erfolgt über öffentliche Foren und internetgestützte Szenarioarbeit.

9.3.3 Technische Perspektive

Grundvoraussetzung für eine personenindividuelle Interaktion ist die robuste Erkennung von Personen sowie der Ableitung individueller Fähigkeits- bzw. Einschränkungsprofile sowie die standardisierte Internalisierung der Profile aller Personen, mit denen das Assistenzsystem interagiert (sowohl Pflegepersonen als auch Pflegeempfänger*innen), in ein roboterunabhängiges Interaktionssystem und darüber bis in die Robotersteuerung. Diese Profile sollten in einer maschinenverständlichen

Wissensbasis abgelegt werden, so dass das robotische Assistenzsystem selbst personenindividuelle Interaktionsmuster (sowohl auf der Planungs- als auch Regelungsebene) auf dieser Basis ableiten kann. Konkret kann das in Bezug auf die im Vorfeld beschriebenen Szenarien bedeuten, dass durch mit der Zeit wachsendem sensorischen Input eines Assistenzsystems eine Spezifizierung des eigenen Handelns durchgeführt wird, sodass individuelle Bedürfnisse der Nutzer*innen berücksichtigt werden können. Wissenschaftlich-technisches Arbeitsziel ist die Entwicklung der sensorischen Erkennung, Analyse sowie die Entwicklung und kontinuierliche Erweiterung einer Wissensbasis unter der Berücksichtigung von pflegerischen, ökonomischen, ethischen und rechtlichen Randbedingungen sowie die Erprobung, Evaluation und Optimierung dieser Technologien in ausgewählten, relevanten Use-Cases in der Praxis. Besondere technische Herausforderungen resultieren durch die o. g. Rahmenbedingungen in der Pflegedomäne:

1. Aufgrund der vielfältigen Aufgaben und der daraus resultierenden Interaktionskonzepte werden sehr unterschiedliche Roboter in den sechs Settings eingesetzt. Ist ein Roboter für eine spezielle Aufgabe ausgelegt, ist er im Allgemeinen nur mit solcher Sensorik ausgestattet, die für die Erfüllung dieser Aufgabe notwendig ist. Entsprechend fehlen ggf. Sensoren, die seine Wirkung auf Menschen in der Umgebung erfassen. Kommt bspw. ein Roboterarm als Kraftunterstützung zum Einsatz, verfügt er in der Regel nicht über eine Spracherkennung, die die Stimmung der Patient*innen erfassen kann. Ein anderes Beispiel ist ein Roboterkopf als Kommunikationspartner in einer beziehungsorientierten Interaktion. Diesem fehlen meist Sensoren, die die Reaktionen weiterer Personen im Umfeld des Gesprächspartners in Form von Bewegungen wahrnehmen können. Um diese Daten erfassen zu können, wird eine **modulare Sensorbox** entwickelt, die ergänzend zu den eigentlichen Roboterfähigkeiten der Erkennung von Verhaltensmuster der Personen in der Umgebung des Roboters dient. Die Sensorbox wird dazu an den Roboter und/oder in die Interaktionsumgebung montiert und zeichnet Daten der Sensoren auf, die auf dem Roboter oder der Umgebung platziert und mit ihr verbunden sind. Dabei bietet ihre Modularität die Flexibilität, zusätzliche Sensoren je nach Bedarf der Situation hinzuzufügen. Zugleich wird durch die Sensorbox als separate Komponente eine systematische Datenerfassung über verschiedene Roboter hinweg ermöglicht, ohne dass ein Umbau dieser notwendig

- ist.
2. Robotersteuerungen sollen zukünftig um Körper-/Bewegungsmodelle der individuellen Nutzer*innen erweitert werden. Voraussetzung dazu ist die Extraktion und Verfolgung von Menschen in der Umwelt des Roboters sowie die Analyse der Körper bei Eigenbewegungen sowie bei unterschiedlichen Graden von unterstützter Bewegung. Bei den Patient*innen liegt der Fokus auf der Schätzung des Grades der Selbständigkeit bei Bewegungen sowie krankheitsspezifischen Einschränkungen (sowohl der Bewegung als auch der Assistenz). Bei Pflegenden liegt der Fokus auf der Ergonomie der Bewegungen und der ggf. vorhandenen Einschränkungen sowie der Analyse der Effizienz des Prozesses (z. B. unnötige Laufwege, ungünstiges Layout der Umgebung). Ein anderer Aspekt ist die Modellierung kognitiver Prozesse der relevanten Personen in der Umgebung des Roboters, um deren Verhaltens- bzw. Interaktionsmuster erkennen bzw. präzisieren zu können. Besonderer Bedarf besteht hier bei Patient*innen mit dementiellen Erkrankungen bzw. herausforderndem Verhalten. Da beide Voraussetzungen durch Beobachtung nur teilweise erkannt/gelernt werden können, muss hierfür eine **Mensch-Modell-Komponente** konzipiert werden, welche die sensorische Erfassung jeder einzelnen Person mit der unter 1. genannten modularen Sensorbox mit Daten der Pflegenden verknüpft. Zukünftig kann dies auch durch die Kopplung mit der Pflegedokumentation erfolgen.
 3. Für die Evaluation der Wirksamkeit, Akzeptanz und technischen Sicherheit von robotischen Systemen in der Pflege ist die Langzeitautonomie der Systeme in stufenweise realistischeren Umgebungen eine wesentliche Voraussetzung. Als wesentliche Vorarbeit wird dabei die Laborinfrastruktur eingebracht, die im Rahmen des Pflegeinnovationszentrums (PIZ) am OFFIS entwickelt und in Betrieb genommen wurde. Im Rahmen des Kompetenzzentrums sollen diese Labore um Reallabore (hier verstanden als besonders gekennzeichnete und gesicherte Bereiche von z. B. Kliniken oder Pflegeeinrichtungen sowie als eine rechtlich mit den dort befindlichen Personen / Betriebsräten / Leitungspersonen ausgehandelte Situation) und Experimentierräume (Aus- und Weiterbildungsräume, in denen Patient*innen durch Schulungspuppen ersetzt werden) erweitert werden. Studien zur Langzeitautonomie in diesen Umgebungen sollen wesentliche Elemente der gegenseitigen Anpassung von Menschen und Robotersystemen aufeinander so-

wie mögliche Nebenwirkungen (Veränderungen der Mensch-Mensch-Interaktion bzw. der Kernprozesse der Pflege) aufdecken und bewerten.

9.3.4 Ethische und soziale Perspektive

Die Etablierung von robotischen Systemen für die Pflege setzt eine intensive Auseinandersetzung mit ethischen und sozialen Anforderungen einerseits an die Systeme selbst sowie andererseits an die spezifischen Einsatz- und Nutzungskontexte voraus (Robotik für die Pflege als soziotechnische Entwicklung). Das KO:ROP kann für diese Auseinandersetzungen an aktuelle und relevante Vorarbeiten anknüpfen, die aber mit Blick auf die spezifischen Herausforderungen einer gelungenen Mensch-Roboter-Interaktion und -Kollaboration bzw. -Kooperation zu spezifizieren sind. Im Rahmen des BMBF-Begleitprojektes „Begründungs- und Bewertungsmaßstäbe von Robotik für die Pflege“ (BeBeRobot) wird aktuell ein interdisziplinär begründetes Bewertungs-Tool für den Einsatz von robotischen Systemen in der Pflege entwickelt, das insbesondere auch ethische sowie soziale Kriterien hoch gewichtet. Weiterhin kann auf einschlägige relevante Vorarbeiten im Zusammenhang mit der Erstellung eines pflegewissenschaftlichen und pflegeethischen Gutachtens für den Deutschen Bundestag zurückgegriffen werden, die allerdings ebenfalls auf den spezifischen Projektgegenstand KO:ROP zu konkretisieren sind (vgl. Hülsken-Giesler and Remmers 2020, Kehl 2018). Die wissenschaftlichen Arbeitsziele bestehen in diesem Zusammenhang darin, derzeit verfügbare Robotik für die Pflege mit Blick darauf zu prüfen, in wie weit die realisierten Interaktionsformen in der Lage sind, ethisch und sozial relevante Aspekte und Prinzipien (z. B. der Teilhabe, der Autonomie, des Wohlbefindens, der Fürsorge, der Sicherheit, der Gerechtigkeit, der Privatheit oder individuell bzw. kollektiv relevanter Werte und Normen) umzusetzen oder ggf. diese Umsetzung behindern (post hoc-Analysen). Dazu werden standardisierte und qualitative Beobachtungs- und Befragungsstudien in Krankenhäusern, Pflegeheimen und häuslichen Umgebungen durchgeführt. Diese Studien sind in die rahmenden empirischen Arbeiten zu den einzelnen Feldtests integriert. Ein weiteres Ziel besteht darin, vor diesem Hintergrund Empfehlungen zur Weiterentwicklung von Interaktionsformen in der Kollaboration zwischen Mensch und Robotik unter ethischen und sozialen Gesichtspunkten zu erarbeiten (prospektive ethische Bewertung), die a) besondere Aufmerksamkeit auf

potenziell heterogene Nutzergruppen legen (z. B. Pflegende mit unterschiedlichen Qualifikationen und Technikkompetenzen, kognitiv beeinträchtigte Menschen, Menschen mit Beeinträchtigungen der Sinnesorgane, Menschen mit verminderter Compliance u. a.) und b) die zunehmende Komplexität von Versorgungsarrangements (Pflege im Hilfe-Mix, komplexe interdisziplinäre Teams, Pflege-Personalmix etc.) berücksichtigen, um die Entwicklung von ggf. auch flexiblen nutzergerechten Interaktionsformen zu unterstützen. Dies erfolgt in enger Zusammenarbeit (iterative Workshops) mit den beteiligten Praxispartnern sowie mit relevanten Akteuren im Pflegesystem (Berufsverbände, Gewerkschaften, Pflegeethik etc.). Im Rahmen einer Langzeiterprobung in den verschiedenen Handlungsfeldern der Pflege soll weiterentwickelte Robotik schließlich unter ethischen und sozialen Gesichtspunkten daraufhin geprüft werden, ob sich durch die gegebenen Mensch-Robotik-Interaktionen ggf. auch unerwünschte Veränderungen in den Pflegebeziehungen, den Pflegeleistungen oder im Pflegeverständnis ergeben. Auch diese Zielstellung wird über empirische Beobachtungs- und Befragungsstudien adressiert. Schließlich besteht ein wissenschaftliches Arbeitsziel darin, ein ethisch und sozial legitimes Instrumentarium zur institutionellen Arbeitsprozessentwicklung unter Bedingungen der Mensch-Roboter-Kollaboration zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren.

9.3.5 Rechtliche und ökonomische Perspektive

Ziel des Kompetenzzentrums ist es, datenschutzrechtliche Fragestellungen gemeinsam mit den technischen Entwicklungen zu behandeln. Dazu wird eng mit den Datenschutzbeauftragten sowie den Betriebsräten der drei Pflegeeinrichtungen als auch des OFFIS (Datenschutz Nord, über Unterauftrag eingebunden) zusammengearbeitet. Für alle Untersuchungen im Feld werden vorab ein Votum durch die Ethikkommission der Universität Oldenburg eingeholt (Prof. Hein ist Vorsitzender der Kommission und hat umfangreiche Erfahrungen sowohl mit dem Stellen als auch dem Begutachten solcher Anträge).

Die entwickelten Lösungen sollen in der Praxis erprobt werden und damit den Markt für robotische Systeme in der Pflege stimulieren. Dabei ist sowohl das Angebot an Systemen und Komponenten zu entwickeln, da – bis auf wenige Ausnahmen – kaum Produkte erhältlich sind, als auch die Nachfrage durch Einrichtungen der Pflege

zu eruieren, die bisher ihre Investitionsmöglichkeiten kaum auf Evaluationsstudien abstützen und/oder die Möglichkeit hatten Produkte im Praxiseinsatz zu beobachten und herstellerunabhängig Erfahrungen auszutauschen. Zu dieser Marktentwicklung gehört, dass im KO:ROP erste ökonomische Betrachtungen der Lösungen in Zusammenarbeit von Anbieter und Anwender*innen durchgeführt werden. Arbeitsziel der ökonomischen Betrachtung ist es, den Mehrwert eines solchen Systems aus Anwendersicht quantifizierbar zu machen, so dass gemeinsam mit dem Hersteller grobe, aber realistische Preisstrukturen erarbeitet werden können. Kosten-Nutzen-Abwägungen umfassen dabei, neben rein ökonomischen Aspekten, auch Entwicklungen im Bereich möglicher (körperlicher und/oder psychischer) Entlastungen und Arbeitszufriedenheit der Pflegenden. Diese werden in die technischen Entwicklungen als Randbedingungen eingebracht, so dass hier keine Technik zum Einsatz kommt, die für ein unrealistisches, marktfernes Preismodell sorgt.

Zur Komponente Sensorbox als auch der Mensch-Modell-Komponente gibt es Vorarbeiten am OFFIS und am DFKI in den Bereichen Marine und Agrar, wodurch bereits Expertise für ein solches modulares Konzept vorhanden ist. Dieses muss zwar für die mobile Robotik noch angepasst werden, kann aber potenziell durch Nutzung interdisziplinärer Synergien einen höheren Mehrwert erzielen als individuelle Erweiterungen einzelner robotischer Systeme.

9.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

9.4.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Technologische Innovationen in der Pflege sind ein hochaktuelles Thema in der Forschung. Das Potenzial zur Unterstützung der Pflege durch Technik ist enorm, insbesondere mit Blick auf die aktuelle Pflegesituation weltweit. Da das KO:ROP-Konsortium langjährige Erfahrungen in der Entwicklung und Begleitung von technischen Innovationen hat, durch die bisherigen Projekte exzellente Kenntnisse aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Perspektiven über die Domäne Pflege besitzt und über Projektverbünde wie bspw. das Pflegeinnovationszentrum, das Cluster „Zukunft der Pflege“ und das BeBeRobot-Begleitprojekt zur BMBF-Förderlinie „Robotische Systeme für die Pflege“ sehr gut mit allen relevanten Akteuren im Forschungs- und

Entwicklungsfeld vernetzt ist, sind die *wissenschaftlich-technischen* Erfolgsaussichten als hervorragend anzusehen.

Die *wirtschaftlichen* Erfolgsaussichten sind angesichts des immensen Wachstums des Pflegemarkts einhergehend mit der generellen Überlastung der Pflegefachpersonen offensichtlich: Wenn die Akzeptanz des Robotereinsatzes in der Pflege steigt, könnte dies zu einer Entlastung führen. Durch die engen Kontakte des KO:ROP-Konsortiums zu allen relevanten deutschen Robotikherstellern und Systemintegratoren können die Ergebnisse zeitnah in die Weiterentwicklung der robotischen Systeme fließen. Robotikhersteller und Systemintegratoren können ihre Systeme auf Basis der wissenschaftlich-technischen Erkenntnisse aus dem KO:ROP insbesondere hinsichtlich ihrer Interaktionsfähigkeiten verbessern, wodurch die Sicherheit, Akzeptanz und damit auch die Nachfrage steigen sollte.

9.4.2 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont

Für die Verstetigung und Überführung des KO:ROP in einen dauerhaften, etablierten Geschäftsbetrieb wird das Kompetenzzentrum in die Trägerschaft des GewiNet Kompetenzzentrum Gesundheitswirtschaft e.V. (<https://www.gewinet.de/>) überführt, einem Verein mit Mitgliedern aus allen Sektoren der Gesundheitswirtschaft (Unternehmen, Kliniken, Ärzt*innen, Hochschulen und Kommunen), der über seine Mitglieder Zugang zu allen für die praxisnahe Erprobung robotischer Lösungen in der Pflege relevanten Akteur*innen und Einrichtungen hat.

Das KO:ROP kann den Entwicklern robotischer Systeme für Pflege ein Spektrum an Dienstleistungen bieten, von der Bereitstellung von Risikoanalysen und Testszenarien und -räumen über Usability-Nutzerstudien, Studien zur Analyse geeigneter Interaktionsformen beim Einsatz von Robotik in der Pflege, bis hin zur Unterstützung bei der Konzeption und Durchführung klinischer Prüfungen bei robotischen Systemen, die in den Geltungsbereich der EU-Medizinprodukteverordnung fallen, welche bei neuartigen Medizinprodukten eine sogenannte klinische Prüfung³ vorschreibt. Die Mensch-Roboter-Interaktion und Fehlerquellen bzw. Risiken, die sich aus einer

³Klinische Prüfung: Eine „systematische Untersuchung, bei der ein oder mehrere menschliche Prüfungsteilnehmer einbezogen sind und die zwecks Bewertung der Sicherheit oder Leistung eines Produkts durchgeführt wird“.

Fehlbedienung ergeben, sind dabei explizit Bestandteil der Untersuchung. Da der Geltungsbereich der MDR die gesamte EU umfasst, wäre der Zielmarkt des KO:ROP nicht auf Deutschland beschränkt, sondern umfasst robotische Systeme für die Pflege, die auf dem EU-Binnenmarkt zugelassen werden sollen. Dieses Dienstleistungsangebot wird insbesondere für die Industrie- und Verwertungspartner der derzeit laufenden Projekte der BMBF-Förderlinie „Robotische Systeme für die Pflege“ interessant sein, welche bis zum Frühjahr 2023 Demonstratoren robotischer Systeme für die Pflege entwickelt haben werden und für die das KO:ROP der logische nächste Schritt bei der Weiterentwicklung zum Produkt wäre.

Die Verwertung der Ergebnisse der Umsetzungsphase des KO:ROP werden die beteiligten Industriepartner (Robotik-Hersteller, siehe folgender Abschnitt) übernehmen, welche ein Interesse daran haben, ihre robotischen Systeme als Produkte für den Pflegemarkt zu positionieren.

Insgesamt wächst der Markt für Servicerobotik weltweit zurzeit stetig in allen Segmenten⁴, mit einem Verkaufswert von aktuell 9,52 Mrd. €. Die COVID-19 Pandemie sorgt dabei für ein erhöhtes Interesse an Desinfektions- und Logistikrobotern, wobei auch andere Robotiksysteme erlauben, einen Beitrag zur Kontaktreduktion zu leisten. Den mit 47 % bei weitem größten Marktanteil innerhalb der Servicerobotik stellen dabei Roboter zum Einsatz im medizinischen Umfeld. Auch der Markt für robotische Assistenz für ältere und eingeschränkte Personen wächst, zuletzt um 17 % auf ca. 77 Mio. €, mit einem weiterhin großen Wachstumspotenzial. Einem Bericht von Kehl 2018 zufolge bilden Assistenzroboter für die physische Unterstützung ein vielversprechendes Feld, wobei es aufgrund technischer und normativer Hürden noch einige Jahre dauern wird, bis solche Systeme in der Breite im Pflegealltag Einzug halten werden.

⁴<https://automationspraxis.industrie.de/xing/serviceroboter-verkaufszahlen-weltweit-steigen/>

9.5 Struktureller Aufbau des Verbundes

9.5.1 Bisherige Arbeiten und Vorerfahrungen der Verbundpartner

Das **OFFIS-Institut für Informatik** (Prof. Dr.-Ing. Andreas Hein) verfügt über umfangreiche Vorarbeiten sowohl in der Robotik als auch in der Interaktionsforschung. OFFIS arbeitet in interdisziplinären Verbänden an robotischen, anwendungsnahen Szenarien für die Pflege, die in realitätsnahen Laboren des vom BMBF geförderten Pflegeinnovationszentrums (PIZ) für unterschiedliche Handlungsfelder der Pflege entwickelt und erforscht werden. Bereichert wird dies durch die Mitarbeit im BMBF-Projektverbund BeBeRobot, dem wissenschaftlichen Begleitprojekt der Förderlinie „Robotische Systeme für die Pflege“, über die der Antragsteller einen breiten Zugriff auf aktuelle Entwicklungen im Feld der robotischen Assistenzsysteme in der Pflege hat. Weitere, relevante Verbundprojekte für das KO:ROP mit Robotikbezug sind Florence und AdaMeKoR; mit Bezug auf die Pflege QuoVadis, LivingCare und Cicely. Somit liegen über das Domänenwissen in dem Handlungsfeld der Pflege hinaus bereits ausgeprägte Kompetenzen in der (praxisnahen) Pflegerobotik vor. Prof. Hein ist darüber hinaus Vorsitzender der Kommission für Forschungsfolgenabschätzung und Ethik der Universität Oldenburg.

Die **Universität Osnabrück, Fachgebiet Pflegewissenschaft** (Prof. Dr. Hülken-Giesler), befasst sich seit über zehn Jahren mit der Entwicklung, Erprobung und Bewertung von neuen Technologien in der Pflege und hier speziell mit den Anforderungen an Robotik für die Pflege. Das Fachgebiet Pflegewissenschaft leitet das wissenschaftliche Begleitprojekt BeBeRobot zur aktuellen BMBF-Förderlinie „Robotische Systeme für die Pflege“ und ist Herausgeber des Gutachtens „Autonome Assistenzsysteme in der Pflege: Potenziale und Grenzen aus pflegewissenschaftlicher Sicht“ (PflegeRobot) im Auftrag des Deutschen Bundestages. Mit den BMBF-Projekten MORPHIA und AdaMeKoR werden aktuell FuE-Projekte zur robotischen Unterstützung der Pflege bearbeitet. Hülken-Giesler ist Mitglied des Expertenbeirates „Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz“ der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften und war zusammen mit Prof. Dr.-Ing. Andreas Hein Mitglied der Sachverständigenkommission zur Erstellung des Achten Altersberichtes der Bundesregierung zum Thema „Ältere Menschen und Digitalisierung“.

Das **Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)** ist auf dem Gebiet innovativer Softwaretechnologien auf der Basis von Methoden der Künstlichen Intelligenz die führende wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung Deutschlands. Ausgehend von anwendungsorientierter Grundlagenforschung werden Produktfunktionen, Prototypen und patentfähige Lösungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie entwickelt. Die Finanzierung erfolgt über Zuwendungen öffentlicher Fördermittelgeber, wie dem BMBF, sowie durch Entwicklungsaufträge aus der Industrie. Der Osnabrücker Forschungsbereich des DFKI entwickelt Algorithmen zur planbasierten Steuerung autonomer mobiler Robotiksysteme. Anwendungsbereiche sind z. B. der Einsatz eigenständig arbeitender Landmaschinen und fahrerloser Transportsysteme. Methoden der Künstlichen Intelligenz lassen die Maschine den semantischen Kontext des Umfelds ermitteln, in dem sie sich befindet. Auf Basis des so erhaltenen Wissens erstellt die Maschine Handlungspläne, durch deren Ausführung sie selbstständig vorgegebene Handlungsziele erreichen kann.

GewiNet e.V. ist ein Gesundheitsnetzwerk, das mit seinen Mitgliedern einen Beitrag dazu leistet, auch in Zukunft eine hochqualitative Gesundheitsversorgung sicherzustellen. GewiNet ist in den fünf Arbeitsfeldern Pflege, Telemedizin, Palliativversorgung, Versorgungssicherheit und -qualität sowie Betriebliches Gesundheitsmanagement tätig. Der Bereich Pflege umfasst Projekte für die Gewinnung von Auszubildenden und Fachkräften. Der Bereich Versorgungssicherheit und -qualität widmet sich dem Entlassungsmanagement. In beiden genannten Fachgebieten steht die zentrale Frage, wie Pflegepersonen entlastet werden können. Neben der Umsetzung von Projektideen steht die nachhaltige Verstetigung von Projekten sowie das Vernetzen von Akteuren der Gesundheitswirtschaft an oberster Stelle. GewiNet ist als Verein organisiert. Die rund 100 Mitglieder stammen aus allen Sektoren der Gesundheitswirtschaft: Unternehmen, Kliniken, Pflegeeinrichtungen, Ärzt*innen, Kommunen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen haben sich unter dem Dach von GewiNet versammelt. Darüber können Projektideen auch nach Beendigung derer Laufzeit nachhaltig in der Region verstetigt werden.

Das **Universitätsklinikum Münster (UKM)** ist der führende Standort für Krankenversorgung, Forschung und Lehre im Norden von NRW. Es verfügt über 1500 Betten, in denen im Jahr 2019 insgesamt etwa 61.000 stationäre und rund 545.000 ambulante Patient*innen behandelt wurden. Pflegefachpersonen am Universitätsklinikum Münster stellen eine pflegerische Versorgung auf höchstem Niveau sicher. Universitätskliniken sind Orte der wissenschaftlichen Weiterentwicklung der Disziplin Pflege auch in Kooperation mit der Medizin sowie weiteren Bezugswissenschaften. Seit Einrichtung der Stabstelle Pflegewissenschaft im Jahr 2017 wird die Evidenzbasierung der Pflegepraxis und der damit einhergehenden Theorie-Praxistransfer vorangetrieben. 2019 konnte ein erstes Drittmittelprojekt eingeworben sowie die Einbindung in Forschungsprojekte als Praxispartner (z. B. TAILR.D, gefördert vom BMBF) realisiert werden. Die Pflege am UKM begleitet den Einsatz neuester medizinischer sowie medizintechnischer Verfahren und kann auf die Erfahrungen aus den anderen Forschungsprojekten sowie dem alltäglichen Umgang mit medizinischen Studien zurückgreifen.

SenVital Senioren- und Pflegezentren gibt es zehnmal in Deutschland. Sie stehen für einladende Gastlichkeit, stilvollen Wohlfühl-Komfort, zuvorkommenden Service und vor allem für professionelle Pflege und Betreuung. Am Standort Osnabrück, in dem derzeit 110 Mitarbeiter*innen beschäftigt sind, wird Langzeitpflege, Kurzzeitpflege und Verhinderungspflege in vier im Karree angeordneten Häusern für insgesamt 154 Pflegebedürftige mit den Pflegegraden 2 bis 5 angeboten. Eine anwachsende Multimorbidität der Pflegebedürftigen, der stetig wachsende Fachkräftemangel und eine zunehmend schwierige ärztliche Versorgung, stellen besonders hohe Herausforderungen für die stationäre Altenpflege dar. Getreu dem eigenen Leitbild „Gemeinsam Zukunft leben“ stellen sich die SenVital Senioren- und Pflegezentren dieser Entwicklung und öffnen sich für die Potentiale, die die Digitalisierung und Robotik mit sich bringen. Sie sind überzeugt, durch die Erprobung und die Implementierung dieser neuen Technologien für die ganze Branche wichtige Neuerungen einzuführen und neue Maßstäbe hinsichtlich der Versorgung pflegebedürftiger Senioren und der Entlastung des Pflegepersonals setzen zu können.

Der 2011 gegründete Intensivpflegedienst **immerda** beschäftigt derzeit 198 Mitarbeiter. Das Spektrum des Intensivpflegedienstes reicht von der Versorgung von überwachungs-pflichtigen Patient*innen bis hin zu voll beatmeten Patient*innen, die in ihrer eigenen Häuslichkeit oder in sogenannten „Intensivpflege-Wohngemeinschaften“ betreut und gepflegt werden. Ein besonderer Schwerpunkt stellt die schrittweise Entwöhnung vom Respirator dar (Weaning). Bei der Versorgung solch multimorbider Patient*innen ist der Bedarf der haus- und fachärztlichen Betreuung immens. Die Zusammenarbeit mit einem Weaningzentrum ist eine wichtige Voraussetzung, um den Betroffenen zu mehr Lebensqualität zu verhelfen. Die Versorgungsstrukturen lassen jedoch eine optimale ärztliche Betreuung nicht zu. Aus diesem Grund hat immerda ein großes Interesse, die Wohngemeinschaften in das KO:ROP einzubinden und Probanden aus den Reihen der Pflegekunden und Pflegefachpersonen für die Realisierung zu involvieren. Durch die Mitarbeit in den Projekten MeSiB und Desiree konnte immerda bereits einen Einblick in die angewandte Forschung bekommen.

Die **KUKA Deutschland GmbH (KUKA)** als Unternehmen der KUKA AG gilt als weltweit führender Anbieter von Industrierobotern, Steuerungen, Software und Anlagenbau. Als Vorreiter der kollaborativen und sensitiven Robotik, sowie mobiler Roboter gestaltet KUKA auch im Bereich der Krankenhauslogistik und Medizinrobotik die Zukunft aktiv mit. Die Konzernforschung hat über ein Jahrzehnt Erfahrung in geförderten FuE-Projekten, aus denen Wissen in das „KO:ROP“ einfließen wird. Im BMBF Projekt „MAID“ entwickelte KUKA einen Mobilitätsassistenten zur Unterstützung bewegungseingeschränkter Personen. Im BMBF-Projekt „InRehaRob“ wurde ein für Rehabilitationsanwendungen ausgelegtes Robotersystem entwickelt. Im BMBF-Projekt „RoSylerNT“ (ARA1) wurden nicht nur wichtige Grundfertigkeiten für die Mensch-Roboter-Interaktion erforscht, sondern KUKA leitete hier auch das Arbeitspaket für ethische, rechtliche und psycho-soziale Implikationen. Im EU-Projekt „MindBot“ werden aktuell die psychologischen und physiologischen Auswirkungen der direkten Mensch-Roboter-Interaktion untersucht. Im BMBF-Projekt „PeTRA“ wird mit partizipatorischer Technologieentwicklung mit starkem Einbezug des Krankenhauspersonals ein Patiententransferroboter entwickelt. Dieser kann in einer späteren Phase von KO:ROP innerhalb des Settings S2 hinsichtlich der verbesserten Interaktion und erweiterten Funktionalität evaluiert werden.

Die **tediro GmbH** ist ein 2020 gegründetes Startup mit Standorten in Ilmenau und Leipzig, das in Kooperation mit der Firma **MetraLabs GmbH** mobile Therapie- und Diagnostikroboter entwickelt, die in Kliniken und Pflegeeinrichtungen eingesetzt werden sollen. Die Grundlage für die ersten eigenen Applikationen wurde im Rahmen eines von der Thüringer Aufbaubank finanzierten Verbundprojekts mit MetraLabs, der TU Ilmenau und den Waldkliniken Eisenberg gelegt. Das Team hinter tediro hat seit 2014 in einer Vielzahl von weiteren Projekten der Gesundheitsrobotik mitgearbeitet, zusammen mit der Firma MetraLabs GmbH oder der TU Ilmenau: FRAME, MORPHIA, ROREAS (BMBF), STERY und ROSMON (EU DIH HERO H2020). Dabei sind zahlreiche Publikationen und Patentanmeldungen im Bereich der mobilen Robotik für Pflege, Therapie und Diagnostik entstanden.

Die **Medisana GmbH** operiert seit 30 Jahren im Home Health Care-Markt und ist heute einer der führenden Spezialisten in der Gesundheitsvorsorge in Deutschland. Seit rund 10 Jahren widmet sich die Medisana GmbH und die 100%ige Tochter **Space Technologies GmbH** mit zusammen rund 100 Mitarbeiter*innen und einem Jahresumsatz von 80 Mio. Euro der ‚Digitalen Gesundheit‘. Dabei entwickelt und vertreibt sie innovative Medizin- und Lifestyleprodukte für den Home Health Care-Markt und betreibt eine erfolgreiche Kombination aus Messgeräten, mobilen Applikationen und einer Online-Gesundheitsplattform mit über 1 Mio. registrierten Kunden. Mit der Entwicklung und Zulassung des Serviceroboters medisana robot RO 100 (Temi), der eine drahtlose Anbindung weiterer Medisana-Gesundheitsprodukte wie etwa Personewage, Thermometer, Blutdruck, Blutzucker, Pulsoximeter erlaubt, wird Medisana in einem neuen, hochinnovativen Marktsegment aktiv. Die Nutzung des Temi-Roboters in der Pflege ist für Medisana daher von großem Interesse.

Die **YOUSE GmbH** ist ein Dienstleister für eine nutzerzentrierte Entwicklung bzw. Bewertung von Produkten und Dienstleistungen (User-Centered-Design). YOUSE arbeitet mit einem Methodenmix aus klassischen Verfahren in Anlehnung an die Usability-DIN-Normen und die Arbeitswissenschaft (d. h. Interviews, Usability-Tests etc.), kombiniert mit Vorgehensweisen des Design Thinking (iteratives Vorgehen, Rapid Prototyping etc.) und weiteren innovativen Methoden (u. a. im Bereich ELSI). YOUSE besitzt vielfältige Erfahrungen im Gesundheits- und Pflegebereich, sowohl mit Industriekunden als auch aus vielen Forschungsprojekten (z. B. SafeAERIAL,

MyCYFAPP, Robot-Era). Im KO:ROP bringt YOUSE v. a. die Fähigkeiten zu quantitativen, standardisierten Erhebungen (zu Akzeptanz, Usability, Kosten-Nutzen etc.) ein.

Das als Unterauftragnehmer in das Vorhaben eingebundene **SIBIS Institut für Sozial- und Technikforschung GmbH (SIBIS)** unter Leitung von Frau Dr. Sibylle Meyer verfügt über eine langjährige Forschungsexpertise in den sozialwissenschaftlichen FuE-Feldern des Vorhabens, insbesondere in der empirischen Untersuchung der Mensch-Technik-Interaktion, der Assistenzrobotik für ältere Menschen sowie in den entsprechenden ethischen und sozialen Implikationen. Schwerpunkte liegen auf Methoden zur Nutzereinbindung und partizipativen Vorgehensweisen in Wissenschaft und Technologieentwicklung sowie in der empirischen Evaluation von Erprobungsprojekten in realen Settings (Häuslichkeit, Pflege, Reha, Therapie). Frau Dr. Meyer ist Mitglied der Sachverständigenkommission der Bundesregierung „Digitalisierung und Alter“ und verschiedener nationaler und internationaler Beratungsgremien.

9.5.2 Funktion der einzelnen Partner im Zentrum und Beschreibung der geplanten Umsetzungskette im Projekt

Im KO:ROP wird untersucht, wie robotische Komponenten sowie Robotersysteme in den Pflegealltag integriert bzw. an diesen angepasst werden können und ob berufliche Pflege, Pflegeempfänger*innen und pflegende An- und Zugehörige bei Aufgaben und Tätigkeiten der indirekten und direkten Pflege physisch und psychisch entlastet werden können. Dabei sind alle drei Handlungsfelder der Pflege durch Praxispartner vertreten: Das **Universitätsklinikum Münster** wird die Erprobung im Rahmen der *akutstationären Pflege* durchführen, das **SenVital Senioren- und Pflegezentrum** im Rahmen der *langzeitstationären Pflege*. Der Pflegedienst **immerDA^o Intensivpflege** wird schließlich die Erprobung im Rahmen der *ambulanten/häuslichen Pflege* ermöglichen. Seitens der Robotik-Entwicklung sind der große Robotikhersteller **KUKA**, die MetraLabs-Ausgründung **tediro** und die medisana-Tochter **Space Technologies** als Verbundpartner vorgesehen. Sie werden die von ihnen entwickelten robotischen Systeme für die Pflege zum Einsatz bringen und gemeinsam mit den Forschungspartnern die Interaktionsstrategien in einem mehrstufigen Ansatz iterativ verfeinern und erweitern. Weitere robotische Systeme werden von den Forschungspartnern DFKI

(Logistikroboter) und OFFIS (Mesmer Head) zur Verfügung gestellt und hinsichtlich der Weiterentwicklung der Interaktionsstrategien betreut.

Für die Planung, Durchführung und Evaluation der Feldstudien sind die wissenschaftlichen Partner des Verbunds verantwortlich: die technische Kompetenz bringen das **OFFIS – Institut für Informatik** und das **Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)** ein, die pflegewissenschaftliche und pflegeethische Kompetenz wird von der **Universität Osnabrück (Fachgebiet Pflegewissenschaft)** eingebracht, die die qualitativen KO:ROP-Studien verantwortet. Aspekte der nutzerzentrierten Entwicklung und Bewertung sowie der sozialwissenschaftlichen Auswertung werden von der **YOUSE GmbH** (Fokus quantitative, standardisierte Erhebungen) und dem als Unterauftragnehmer eingebundenen **SIBIS-Institut für Technik- und Sozialforschung** eingebracht. Das **Kompetenzzentrum Gesundheitswirtschaft (GewiNet)** schließlich wird die Frage untersuchen, wie das Angebot des KO:ROP auch über die Projektlaufzeit hinaus verstetigt werden kann, welche Dienstleistungsangebote (inklusive von Kosten-Nutzen-Analysen) einerseits für potenzielle Nutzer von robotischen Systemen für die Pflege, andererseits für die Entwickler dieser Systeme erbracht werden können. Zwischen einem Großteil dieser Verbundpartner existieren in unterschiedlichen Konstellationen langjährige und bewährte Kooperationsbeziehungen und Erfahrungen in der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit.

9.5.3 Einbindung weiterer Akteure (Assoziierte Partner)

Das Kompetenzzentrum soll als lebendiges Netzwerk kontinuierlich wachsen und strategisch durch assoziierte Partner ergänzt werden, um insbesondere während des Projektverlaufs auch neue robotische Systeme im KO:ROP berücksichtigen zu können. Auch das Evaluationsdesign bietet die Möglichkeit der Einbindung weiterer, von assoziierten Partnern bereitgestellter robotischer Systeme. Hierzu sind explizit Ressourcen in Arbeitspaket 1 eingeplant. Darüber hinaus ist geplant, einen Projektbeirat in die Arbeiten des KO:ROP einzubeziehen, um die Kompetenzen der Verbundpartner durch diejenigen der Beiratsmitglieder zu komplementieren.

Konkret haben sich die folgenden Experten und Organisationen zu einer Mitarbeit im Beirat bereiterklärt:

- Die **Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege** als gesetzliche Unfallversicherung für nichtstaatliche Einrichtungen in Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege.
- Der **Deutsche Berufsverband für Pflegeberufe (DBfK)** als größte Berufsorganisation der Pflege in Deutschland.
- **Prof. Dr. Uwe Fachinger** vom Institut für Gerontologie der Universität Vechta, welcher dort das Fachgebiet **Ökonomie und Demographischer Wandel** vertritt.
- **Prof. Dr. Hartmut Remmers**, Seniorprofessor des Instituts für Gerontologie der Universität Heidelberg, als **Pflegewissenschaftler und Ethiker**.
- Die **Vereinigte Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di)** als Interessenvertretung von gut zwei Mio. Beschäftigten im Dienstleistungsbereich, darunter den Berufen im Gesundheits- und Sozialwesen.

9.5.4 Zusammenarbeit mit Transferprojekt

Das KO:ROP strebt eine enge Zusammenarbeit mit dem Transferprojekt RimA an und wird insbesondere dazu beitragen, Synergieeffekte zwischen den verschiedenen Kompetenzzentren domänenübergreifend auszunutzen. Alle KO:ROP-Verbundpartner haben Ressourcen für die Zusammenarbeit mit dem Transferprojekt und die Vernetzung mit den weiteren Kompetenzzentren eingeplant. Neben der aktiven Teilnahme an den Austauschformaten des Transferprojekts (Workshops, Evaluationsveranstaltungen bzw. Wettbewerbe) wird das KO:ROP an der avisierten Wissensplattform mitwirken. Über diese Beteiligung hinaus wären ein regelmäßiger Austausch zur Förderung der operativen, projektübergreifenden Zusammenarbeit sowie die Etablierung eines Leitungsgremiums und regelmäßige Abstimmungen der Projektkoordinator*innen für den strategischen Austausch wünschenswert, um Aktivitäten abzustimmen und Ergebnisse auszutauschen. Relevante Querschnittsthemen aus Sicht des KO:ROP sind technische Implementierung, Open Source, Praxisintegration und Vernetzung, Evaluation, Geschäftsmodelle, Sicherheit und Haftung, Vorbereitung der Wettbewerbe und Öffentlichkeitsarbeit. Weitere Ziele sind die Konzeption gemeinsamer Publikationen und ggf. über die Veröffentlichung der Machbarkeitsstudien hinaus eine

gemeinsame Publikation der Kompetenzzentren und des Transferprojekts RimA, z. B. in Form eines auch für externe Autoren offenen Sammelbandes. Weitere Formen der Zusammenarbeit können während der Projektlaufzeit entwickelt werden. Ein Anknüpfungspunkt wäre etwa die Frage der Portierbarkeit von Interaktionsstrategien für Mensch-Roboter-Interaktion zwischen verschiedenen robotischen Systemen und Anwendungsdomänen. Ein weiterer Punkt ist die Laborinfrastruktur: Neben den durch RimA bereitgestellten Laboren in Bonn und Karlsruhe stellt das KO:ROP den weiteren Kompetenzzentren die OFFIS-Laborinfrastruktur in Oldenburg zur Vorbereitung des Praxiseinsatzes oder für iterative Adaptionsphasen zur Verfügung. Im Rahmen des Pflegeinnovationszentrums (PIZ) wurden mehrere Labore entwickelt, umfangreich und realitätsnah ausgestattet und in Betrieb genommen, u. a. eine realitätsnah eingerichtete Seniorenwohnung mit umfassender technischer Ausstattung und offenen Schnittstellen sowie Videoüberwachungssystem. Die Laborinfrastruktur könnte auch als Standort für einen der jährlichen Wettbewerbe bereitgestellt werden.

Literaturverzeichnis

Beatrice Alenljung, Jessica Lindblom, Rebecca Andreasson, and Tom Ziemke. User experience in social human-robot interaction. In *Rapid automation: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, pages 1468–1490. IGI Global, 2019.

Franziska Babel, Johannes Kraus, Philipp Hock, Hannah Asenbauer, and Martin Baumann. Investigating the validity of online robot evaluations: Comparison of findings from an one-sample online and laboratory study. In *Companion of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pages 116–120, 2021.

Claus Backhaus. *Usability-Engineering in der Medizintechnik: Grundlagen- – Methoden – Beispiele*. Springer-Verlag, 2010.

Paolo Barsocchi, Amedeo Cesta, Luca Coraci, Gabriella Cortellesa, Riccardo De Benedictis, Francesca Fracasso, Davide La Rosa, Andrea Orlandini, and Filippo Palumbo. The giraffplus experience: From laboratory settings to test sites robustness (short paper). In *2016 5th IEEE international conference on cloud networking (Cloudnet)*, pages 192–195. IEEE, 2016.

- S Bleyer. Mitteilungen des Instituts für Biomedizinische Technik und Krankenhaus-technik der Medizinischen Hochschule Hannover. Kapitel Medizinisch-technische Zwischenfälle in Krankenhäusern und ihre Verhinderung, 1992.
- Richard Bloss. Mobile hospital robots cure numerous logistic needs. *Industrial Robot: An International Journal*, 2011.
- Cynthia Lynn Breazeal. *Sociable machines: Expressive social exchange between humans and robots*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- Anna Brinkmann, Conrad Fifelski, Sandra Lau, Christian Kowalski, Ole Meyer, Rebecca Diekmann, Melvin Isken, Sebastian Fudickar, and Andreas Hein. The aal/care laboratory – a healthcare prevention system for caregivers. *Nanomaterials and Energy*, 9(1):27–38, 2020.
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. Bekanntmachung Richtlinie zur Förderung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet „Robotische Systeme für die Pflege“ In Bundesanzeiger vom 14.11.2018. <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-2088.html>, 2018. [Letzter Zugriff: 19.10.2020].
- BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. Miteinander durch Innovation. *Forschungsprogramm Interaktive Technologien für Gesundheit und Lebensqualität*, 2020.
- Bundesministerium für Gesundheit, BMG. Konzertierte Aktion Pflege. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/konzertierte-aktion-pflege.html>, 2020. [Letzter Zugriff: 15.03.2021].
- Deutscher Bundestag. Achter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland: Ältere Menschen und Digitalisierung–und Stellungnahme der Bundesregierung. *Drucksache*, 19:21650, 2020.
- D Casey, D Aisling, G Pegman, M Raciti, T Messervey, K Murphy, and H Felzmann. MARIO Project. <http://www.mario-project.eu/portal>, 2019. [Letzter Zugriff: 26.07.2021].
- Silvia Coradeschi, Amedeo Cesta, Gabriella Cortellessa, Luca Coraci, Javier Gonzalez, Lars Karlsson, Francesco Furfari, Amy Loutfi, Andrea Orlandini, Filippo Palumbo,

- et al. Giraffplus: Combining social interaction and long term monitoring for promoting independent living. In *2013 6th international conference on Human System Interactions (HSI)*, pages 578–585. IEEE, 2013.
- Silvia Coradeschi, Amedeo Cesta, Gabriella Cortellessa, Luca Coraci, Cipriano Galindo, Javier Gonzalez, Lars Karlsson, Anette Forsberg, Susanne Frennert, Francesco Furfari, et al. Giraffplus: a system for monitoring activities and physiological parameters and promoting social interaction for elderly. In *Human-Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 3*, pages 261–271. Springer, 2014.
- Torbjørn S Dahl and Maged N K Boulos. Robots in health and social care: A complementary technology to home care and telehealthcare. *Robotics*, 3(1):1–21, 2014.
- eHealth Ireland. Mario – Managing active and healthy ageing using caring service robots. <http://www.mario-project.eu/portal/>, 2020. [Letzter Zugriff: 26.07.2021].
- Deutscher Ethikrat. Stellungnahme: Robotik für gute Pflege. *Deutscher Ethikrat*, 2020.
- Europäische Kommission. Ethics guidelines for trustworthy AI. high-level expert group on artificial intelligence. <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines>, 2018. [Letzter Zugriff: 19.03.2021].
- Bin Fang, Xiang Wei, Fuchun Sun, Haiming Huang, Yuanlong Yu, and Huaping Liu. Skill learning for human-robot interaction using wearable device. *Tsinghua Science and Technology*, 24(6):654–662, 2019.
- Conrad Fifelski, Anna Brinkmann, Simon Martin Ortmann, Melvin Isken, and Andreas Hein. Multi depth camera system for 3d data recording for training and education of nurses. In *2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, pages 679–684. IEEE, 2018.
- Conrad Fifelski-von Böhlen, Anna Brinkmann, Christian Kowalski, Ole Meyer, Sandra Hellmers, and Andreas Hein. Reducing caregiver’s physical strain in manual patient transfer with robot support. In *2020 5th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE)*, pages 189–194. IEEE, 2020a.

- Conrad Fifelski-von Böhlen, Anna Brinkmann, Stephan Mävers, Sandra Hellmers, and Andreas Hein. Virtual reality integrated multi-depth-camera-system for real-time telepresence and telemanipulation in caregiving. In *2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, pages 294–297. IEEE, 2020b.
- Pascal Gliesche, Tobias Krick, Max Pffingsthorn, Sandra Drolshagen, Christian Kowalski, and Andreas Hein. Kinesthetic device vs. keyboard/mouse: A comparison in home care telemanipulation. *Frontiers in Robotics and AI*, page 172, 2020a.
- Pascal Gliesche, Kathrin Seibert, Christian Kowalski, Dominik Domhoff, Max Pffingsthorn, Karin Wolf-Ostermann, and Andreas Hein. Robotic assistance in nursing care: survey on challenges and scenarios. *International Journal of Biomedical and Biological Engineering*, 14(9):257–262, 2020b.
- Pascal Gliesche, Christian Kowalski, Max Pffingsthorn, and Andreas Hein. Commanding a whole-arm manipulation grasp configuration with one click: Interaction concept and analytic ik method. In *2021 30th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pages 573–579. IEEE, 2021a.
- Pascal Gliesche, Christian Kowalski, Max Pffingsthorn, and Andreas Hein. Geometry-based two-contact inverse kinematic solution for whole arm manipulation. In *2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pages 8269–8274. IEEE, 2021b.
- Birgit Graf. Assistenzroboter für die Pflege. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 53(7):608–614, 2020.
- Florenz Graf, Çağatay Odabaşı, Theo Jacobs, Birgit Graf, and Thomas Födisch. Mobika-low-cost mobile robot for human-robot interaction. In *2019 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, pages 1–6. IEEE, 2019.
- Christine Gustafsson, Camilla Svanberg, and Maria Müllersdorf. A robotic cat in dementia care-a pilot study. In *ISG 2016. World Conference of Gerontechnology*, volume 15, pages 151–151, 2016.

- Sami Haddadin and Elizabeth Croft. Physical human–robot interaction. In *Springer Handbook of Robotics*. Springer, 2016.
- Manfred Hülsken-Giesler. Robotik für die Pflege: Pflegewissenschaftliche Begründungen und Bewertungen. In *Genese und Folgen der »Pflegerobotik«. Die Konstitution eines interdisziplinären Forschungsfeldes*, pages 146–156. Beltz Juventa, 2020.
- Manfred Hülsken-Giesler and Hartmut Remmers. *Robotische Systeme für die Pflege: Potenziale und Grenzen Autonomer Assistenzsysteme aus pflegewissenschaftlicher Sicht. Unter Mitarbeit von Dominic Seefeldt, Sabine Daxberger, Anne Koppenburger und André Heitmann-Möller*, volume 17. Vandenhoeck & Ruprecht, 2020.
- Christoph Kehl. Robotik und assistive Neurotechnologien in der Pflegegesellschaftliche Herausforderungen. *Vertiefung des Projekts „Mensch-Maschine-Entgrenzung“*. TAB-Arbeitsbericht, 177:74, 2018.
- Barbara Klein, B Graf, IF Schlömer, H Roßberg, K Röhricht, and S Baumgarten. Robotik in der Gesundheitswirtschaft: Einsatzfelder und Potenziale. medhochzwei. Seite: 1, 2, 2018.
- Christian Kowalski, Pedro Arizpe-Gomez, Conrad Fifelski, Anna Brinkmann, and Andreas Hein. Design of a supportive transfer robot system for caregivers to reduce physical strain during nursing activities. In *Digital Personalized Health and Medicine*, pages 1245–1246. IOS Press, 2020.
- Nicole Krämer, André Artelt, Christian Geminn, Barbara Hammer, Stefan Kopp, Arne Manzeschke, Alexander Rossnagel, Pauline Slawik, Jessica Szczuka, Lina Varonina, et al. KI-basierte Sprachassistenten im Alltag: Forschungsbedarf aus informatischer, psychologischer, ethischer und rechtlicher Sicht. 2019.
- Tobias Krick, Kai Huter, Dominik Domhoff, Annika Schmidt, Heinz Rothgang, and Karin Wolf-Ostermann. Digital technology and nursing care: a scoping review on acceptance, effectiveness and efficiency studies of informal and formal care technologies. *BMC health services research*, 19(1):1–15, 2019.
- Tobias Krick, Kai Huter, Kathrin Seibert, Dominik Domhoff, and Karin Wolf-Ostermann. Measuring the effectiveness of digital nursing technologies: deve-

- lopment of a comprehensive digital nursing technology outcome framework based on a scoping review. *BMC health services research*, 20(1):1–17, 2020.
- Maria Kyrarini, Fotios Lygerakis, Akilesh Rajavenkatanarayanan, Christos Sevastopoulos, Harish Ram Nambiappan, Kodur Krishna Chaitanya, Ashwin Ramesh Babu, Joanne Mathew, and Fillia Makedon. A survey of robots in healthcare. *Technologies*, 9(1):8, 2021.
- W. Lauer. Fehler-Faktoren in der Medizintechnik: Selten sind Anwender „selbst schuld“. <https://deutsch.medscape.com/artikel/4901683>, 2013. [Letzter Zugriff: 27.07.2021].
- Benjamin Michael Lipp. *Interfacing RobotCare: On the Techno-Politics of Innovation*. PhD thesis, Universitätsbibliothek der TU München, 2019.
- Arne Manzeschke and Galia Assadi. Emotionen in der Mensch-Maschine-Interaktion. In *Mensch-Maschine-Interaktion*, pages 165–171. Springer, 2019.
- Leo Marco and Giovanni Maria Farinella. *Computer vision for assistive healthcare*. Academic Press, 2018.
- Meiko Merda, Kristina Schmidt, and Bjørn Kähler. Pflege 4.0–Einsatz moderner Technologien aus der Sicht professionell Pflegender. *Forschungsbericht. Hamburg: Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW)*, 2017.
- Theodore A Metzler, Lundy M Lewis, and Linda C Pope. Could robots become authentic companions in nursing care? *Nursing Philosophy*, 17(1):36–48, 2015.
- Sibylle Meyer and Christa Fricke. Autonome Assistenzroboter für ältere Menschen zu Hause: Eine Erkundungsstudie. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 53(7): 620–629, 2020.
- Svjetlana Miocinovic, Ali Shoeb, Sarah Wang, Nicole Swann, Anupam Pathak, and Jill Ostrem. Tremor severity estimation using liftware instrumented eating utensil (p4. 295), 2016.
- Justinas Mišeikis, Pietro Caroni, Patricia Duchamp, Alina Gasser, Rastislav Marko, Nelija Mišeikienė, Frederik Zwilling, Charles De Castelbajac, Lucas Eicher, Michael

Früh, et al. Lio-a personal robot assistant for human-robot interaction and care applications. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(4):5339–5346, 2020.

Toshiharu Mukai, Shinya Hirano, Hiromichi Nakashima, Yo Kato, Yuki Sakaida, Shijie Guo, and Shigeyuki Hosoe. Development of a nursing-care assistant robot riba that can lift a human in its arms. In *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 5996–6001. IEEE, 2010.

Carsten Orwat. *Diskriminierungsrisiken durch Verwendung von Algorithmen: eine Studie, erstellt mit einer Zuwendung der Antidiskriminierungsstelle des Bundes*. Nomos, 2019.

Amit Kumar Pandey and Rodolphe Gelin. A mass-produced sociable humanoid robot: Pepper: The first machine of its kind. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 25(3):40–48, 2018.

Maribel Pino, Mélodie Boulay, François Jouen, and Anne Rigaud. “Are we ready for robots that care for us?” Attitudes and opinions of older adults toward socially assistive robots. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 2015. doi: 10.3389/fnagi.2015.00141. URL <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2015.00141>.

Rat der Arbeitswelt. Vielfältige Ressourcen stärken – Zukunft gestalten. Impulse für eine nachhaltige Arbeitswelt zwischen Pandemie und Wandel. Arbeitswelt-Bericht 2021. Berlin, 2021.

Selma Šabanović, Casey C Bennett, Wan-Ling Chang, and Lesa Huber. Paro robot affects diverse interaction modalities in group sensory therapy for older adults with dementia. In *2013 IEEE 13th international conference on rehabilitation robotics (ICORR)*, pages 1–6. IEEE, 2013.

Yoshiaki Sakagami, Ryujin Watanabe, Chiaki Aoyama, Shinichi Matsunaga, Nobuo Higaki, and Kikuo Fujimura. The intelligent asimo: System overview and integration. In *IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems*, volume 3, pages 2478–2483. IEEE, 2002.

- Nina Savela, Tuuli Turja, and Atte Oksanen. Social acceptance of robots in different occupational fields: a systematic literature review. *International Journal of Social Robotics*, 10(4):493–502, 2018.
- Svea Schuh, Tobias Greff, Florian Winter, Dirk Werth, and Anne Gebert. KI-basierte Mensch-Roboter-Interaktion durch die Weiterentwicklung multifunktionaler Serviceroboter zur Unterstützung in der klinischen Pflege. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 57(6):1271–1285, 2020.
- Adriana Tapus, Andreea Peca, Amir Aly, Cristina Pop, Lavinia Jisa, Sebastian Pintea, Alina S Rusu, and Daniel O David. Children with autism social engagement in interaction with Nao, an imitative robot: A series of single case experiments. *Interaction studies*, 13(3):315–347, 2012.
- Ricardo Tellez, Francesco Ferro, Sergio Garcia, Esteban Gomez, Enric Jorge, Dario Mora, Daniel Pinyol, Joan Oliver, Oriol Torres, Jorge Velazquez, et al. Reem-b: An autonomous lightweight human-size humanoid robot. In *Humanoids 2008-8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, pages 462–468. IEEE, 2008.
- Shannon Vallor. Carebots and caregivers: Sustaining the ethical ideal of care in the twenty-first century. *Philosophy & Technology*, 24(3):251–268, 2011.
- Aimee Van Wynsberghe. Designing robots for care: Care centered value-sensitive design. *Science and engineering ethics*, 19(2):407–433, 2013.
- D. Wiesollek, H. W. Müller-Arnecke, and U. Hold. Untersuchungen zur Ergonomie von Medizinprodukten–Fallbeispiel Spritzenpumpen. <https://d-nb.info/992538165/34>, 2008. [Letzter Zugriff: 27.07.2021].
- James E Young, JaYoung Sung, Amy Voids, Ehud Sharlin, Takeo Igarashi, Henrik I Christensen, and Rebecca E Grinter. Evaluating human-robot interaction. *International Journal of Social Robotics*, 3(1):53–67, 2011.
- Athanasia Zlatintsi, AC Dometios, Nikolaos Kardaris, Isidoros Rodomagoulakis, Petros Koutras, X Papageorgiou, Petros Maragos, Costas S Tzafestas, Panagiotis Vartholomeos, Klaus Hauer, et al. I-support: A robotic platform of an assistive

bathing robot for the elderly population. *Robotics and Autonomous Systems*, 126: 103451, 2020.