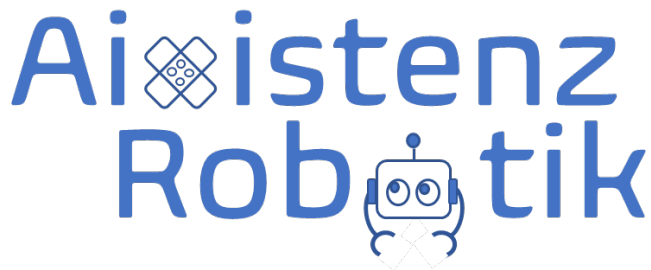


# Aachener Kompetenzzentrum für interaktive Robotik in Gesundheit, Pflege und Assistenz (AixistenzRobotik)

Förderkennzeichen 16SV8584

Astrid Rosenthal-von der Pütten<sup>1</sup>, Alexander Mertens<sup>1</sup>, Astrid Stephan<sup>2</sup>,  
Stefan Schiffer<sup>1</sup>, Anna Abrams<sup>1</sup>, Stefan Kopp<sup>3</sup> und Verena Nitsch<sup>1</sup>



<sup>1</sup>RWTH Aachen University  
Templergraben 55  
52062 Aachen

<sup>2</sup>Uniklinik RWTH Aachen  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen

<sup>3</sup>Universität Bielefeld  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld

## 2.1 Ziele des Kompetenzzentrums

### 2.1.1 Motivation und Anwendungsdomäne des Kompetenzzentrums

Pflegerobotik ist seit Jahren ein Thema gesellschaftlicher Diskussion. Durch die Alterung der Gesellschaft wächst der Pflegemarkt und qualifiziertes Personal wird knapp. Robotik als ein Baustein in der Digitalisierung der Pflege hat das Potential zu entlasten, sozial zu unterstützen und sinnvoll zu ergänzen. Doch wie viel Pflegerobotik möchten wir als Gesellschaft? Welche Aufgaben können und dürfen Pflegeroboter übernehmen? Besteht die Gefahr, dass die Pflege durch Roboter entmenschlicht wird?

Obwohl das Ausmaß des gesellschaftlichen Diskurses vermuten lassen könnte, dass Roboter bald im großen Stil die Pflege ergänzen oder Teilaufgaben ganz übernehmen könnten, steckt die Pflegerobotik noch in den Kinderschuhen und es sind kaum Systeme am Markt vorhanden. Aufgrund der Komplexität des Einsatzfeldes sind Anwendungen in der Pflegerobotik technisch hoch anspruchsvoll. Viele Systeme schaffen es nicht einmal in die Anwendungsdomäne für erste Feldtests in Realumgebungen, denn die technischen Entwicklungen sind noch nicht in der Lage, die Komplexität der Realität zuverlässig zu beherrschen. Zudem sind solche Tests sehr aufwändig zu organisieren und verlangen allen Beteiligten viel Geduld und Ressourcen ab. Das ist insbesondere der Fall, wenn sich jedes Forschungskonsortium, jede Firma, aufs Neue, mit ggfs. wenig Erfahrung, den organisationalen, technischen, sozialen und ethischen Herausforderungen eines Feldtests stellen muss. Die Systeme, die es in den Feldtest schaffen, erweisen sich teils als unpraktisch, als schwierig integrierbar oder schlicht als wenig nutzbringend. Neben anderen Gründen ist eine Hauptursache, dass oft *für* zu pflegende Personen und Pflegefachpersonen entwickelt wird und nicht *mit* ihnen und so an tatsächlichen Bedarfen und Bedürfnissen vorbei entwickelt wird.

Bei diesen Herausforderungen setzt **AixistenzRobotik** an. Im Kompetenzzentrum sollen existierende Assistenzroboter für die professionelle stationäre Pflege unter realen Bedingungen erprobt werden mit Transferpotential in andere Bereiche der professionellen Pflege. Die Testfelder sind eine Universitätsklinik sowie eine Altenpflegeeinrichtung. Neben interaktionsspezifischen Forschungsfragen wie beispielsweise der Usability oder Akzeptanz der Systeme, werden die technischen Eigenschaften der Systeme untersucht und Verbesserungspotenzial identifiziert. Auch werden die Einbettung der Systeme in Arbeitsabläufe und Teamstrukturen und ihr Einfluss auf Pflegebeziehungen als auch weitere Bedingungen für eine erfolgreiche Implementierung betrachtet. Im Projekt werden standardisierte Testszenarien entwickelt und Metriken gesichtet, gesammelt, neu oder weiterentwickelt. So werden vergleichende Testungen hinsichtlich der Evaluationskriterien unterschiedlicher Disziplinen möglich. Somit generiert das Kompetenzzentrum strukturierte Erfahrungen mit der Anwendung einer Vielfalt von Assistenzrobotik im Kontext der stationären Pflege in Bezug auf die Machbarkeit und Wirkung in realen Nutzungskontexten. Das übergeordnete Ziel ist es, durch vergleichende Analysen und die Zusammenführung von Befunden, durch

Standardisierung und übergreifende Betrachtung so weit wie möglich verallgemeinerbare und auch für die Zukunft handlungsleitende Ergebnisse für die Assistenzrobotik liefern.

Das Projekt hat auch zum Ziel, den Pflegeberuf als essenziellen Teil der Daseinsfürsorge auf die Digitalisierung und die gesellschaftlichen Veränderungsprozesse vorzubereiten und in eine mitgestaltende und führende Position zu bringen. Pflegefachpersonen verstehen auf einzigartige Weise die Komplexität des Gesundheitsumfelds, wissen, wo Bedarfe und Bedürfnisse vorhanden sind, was (nicht) funktioniert und wie Patient:innenerfahrungen und Gesundheitsergebnisse verbessert werden können. Sie sind daher in einer Schlüsselposition, um herauszufinden, wie Patient:innen am besten unter Zuhilfenahme von Technologie versorgt und unterstützt werden können. Damit Assistenzsysteme ihre Wirksamkeit entfalten können, ist einem rein technisch orientierten Entwicklungsvorgehen entgegenzuwirken. Vielmehr sollten frühzeitig im Sinne eines Co-Designs mit Pflegefachpersonen und unter Einbezug anderer Wissenschaftsdisziplinen Assistenzsysteme entwickelt und beforscht werden. Hierzu bedarf es eines interdisziplinären Kompetenzaufbaus, sowie dessen Erhalt und Vermittlung in die verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen und die pflegerische Praxis und Aus/Fortbildung. Dies kann in der angedachten Art nur in einem Kompetenzzentrum gelingen. Ein solches Forschungs- und Entwicklungsumfeld ist auch für Firmen attraktiv, da die entstehenden Produkte näher an den tatsächlichen Bedarfen und Bedürfnissen der zukünftigen Nutzer sind, leichter in die Anwendungsfelder integriert werden können und somit bessere Chancen am Markt haben.

### 2.1.2 Thema des Verbundprojektes / Problembeschreibung

Das **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum fokussiert die Anwendungsdomäne der *professionellen stationären Pflege*. Pflegefachpersonen in Kliniken verbringen Studien zu Folge nur noch ca. 15% ihrer Arbeitszeit mit der direkten Pflege der Patient:innen. Stattdessen geht Arbeitszeit bei Laufwegen (21%), der Übernahme von Servicetätigkeiten (9%) und anderen pflegefremden Tätigkeiten verloren (25%) (Biron et al. 2009). Seit 2020 sind für Pflegefachpersonen in Deutschland erstmals Vorbehaltsaufgaben festgeschrieben, die eine verantwortliche pflegerische Prozesssteuerung vorsehen (Pflegeberufe-reformgesetz §2, Absatz 2) für die sichergestellt sein muss,

dass Pflegefachpersonen den definierten Aufgaben entsprechend nachkommen können. Gleichzeitig zeigen internationale Studien, dass Pflegefachpersonen es oft nicht schaffen, ihre pflegerischen Kernaufgaben während ihrer Schicht zu erfüllen, und diese nur teilweise, verzögert, oder gar nicht erbracht werden können (Chaboyer et al. 2021) - mit relevanten Auswirkungen auf die Qualität der Versorgung, die Patient:innenzufriedenheit und Sicherheit aber auch auf die Arbeitszufriedenheit. Einer der wahrgenommenen Hauptstressoren ist ein zu hoher Workload. Doch eine deutliche Verbesserung der Nurse-Patient-Ratio ist mittelfristig nicht zu erwarten. Bereits heute gibt es in Deutschland einen enormen Bedarf an Pflegefachpersonen - 2019 waren in der klinischen Pflege über 16.000 Stellen unbesetzt. Ein ähnliches Bild zeichnet sich in dem stark wachsenden Markt der Altenpflege ab (Heger 2021), dessen steigende Nachfrage nach qualifiziertem Personal nicht mehr gedeckt wird (Stemmer 2021, Bußmann and Seyda 2015). Der unbestreitbaren gesellschaftlichen Relevanz des Altenpflegeberufs steht dessen oft niedrige Arbeitsqualität entgegen (Stemmer 2021). Insgesamt 69% der in der Altenpflege Tätigen geben an, sehr häufig Zeitdruck ausgesetzt zu sein, so dass insbesondere Pflegeleistungen wie Zuwendung oder Beratung zu kurz kommen, die dann von nahezu jeder dritten befragten Pflegefachpersonen außerhalb der bezahlten Arbeitszeit erbracht werden. Achtundsiebzig Prozent der Beschäftigten geben an, oft schwer zu tragen, zu heben oder zu stemmen und 46 % fühlen sich oft mit widersprüchlichen emotionalen Anforderungen konfrontiert (Stemmer 2021). Diese Belastung führt zu einem hohen Stand an Arbeitsunfällen und Krankheitstagen (25,3 Tage im Vergleich zum Durchschnitt aller Beschäftigten von 12,3 Tagen, Techniker Krankenkasse 2019).

Technischen Assistenzsystemen wird ein großes Potential zugesprochen, zur Entlastung in der Pflege beizutragen. Doch wie Zerth et al. (2021) konstatieren: vor dem Hintergrund der vielfältigen "Förderung der Entwicklung von Technik in und für die Pflege muten die Hinweise zu erfolgreichen Umsetzungen in der Pflegepraxis eher zurückhaltend an" (S. 158). Studien zeigen, dass (zukünftige) Pflegebedürftige und Pflegefachpersonen tendenziell offen sind für den Einsatz neuer Technologien (Kuhlmey et al. 2019, Buhtz et al. 2020), doch bisher sind technologische Innovationen wie robotische Systeme in der pflegerischen Praxis kaum verankert. Nutzer:innenakzeptanz aus Sicht der Pflegefachpersonen oder pflegebedürftigen Menschen ist somit nur eine von vielen Dimensionen erfolgreicher Einführungsprozesse von technologischen Inno-

vationen. Neben Nutzer:innenakzeptanz und den immer noch sehr großen technischen Herausforderungen sind es vor allem “akteurs- und organisationsbezogene Aspekte und letztendlich Fragen der adäquaten Geschäftsmodelle für Technologien sowie dazugehörige Finanzierungs- und Refinanzierungsaspekte (die) eine wesentliche Rolle spielen” (Zerth et al. 2021, S. 159). Während die erstgenannten Aspekte (Akzeptanz und technische Machbarkeit) schon für die Domäne unzureichend untersucht werden, da es an langfristigen Untersuchungen im Feld mit den anvisierten Benutzer:innengruppen fehlt, werden letztgenannte Aspekte noch seltener bis gar nicht empirisch adressiert, sondern eher im Sinne von Forecasts diskutiert. Um die Vision der sinnvollen und vielfältigen Unterstützung der professionellen stationären Pflege durch assistive Robotik zu realisieren, ist es notwendig, Assistenzroboter in alltäglichen Situationen im dem für den späteren Einsatz natürlichen Umfeld und über einen langen Zeitraum zu erproben. Die Erprobung dieser Systeme muss über die bisher übliche Betrachtung der Usability, Effektivität, Effizienz und Akzeptanz hinauszugehen. Es müssen ethische und soziale Faktoren, die Effekte auf das Umfeld auf organisationaler Ebene sowie Langzeit-Wirkungen in den Blick genommen werden. Dass Pflegerobotik noch nicht in den Realumgebungen angekommen ist, hat viele Ursachen. Deswegen braucht es das Zusammenführen von unterschiedlichsten Perspektiven, um die vielfältigen Herausforderungen nachhaltig zu bewältigen. Die Etablierung eines partizipativen Vorgehens, um robotische Systeme zu entwickeln, die wirklich einen Bedarf decken und sich erfolgreich und langfristig in bestehende Strukturen in der Pflege integrieren – das ist die Mission des Kompetenzzentrums.

**Beispielszenario:** Die FutureRoboCare GmbH möchte einen Roboter für Pflegestationen in Krankenhäusern entwickeln, der unterschiedliche Hol- und Bringdienste übernehmen kann, um Pflegefachpersonen Laufarbeit abzunehmen und dadurch mehr Zeit für pflegerische Aufgaben zu geben. Der Roboter soll die Lagerbestände einer Reihe von Stationen kontrollieren (z.B. Wäsche, Verbandsmaterial), zur Neige gehende Bestände melden und nach Bestätigung durch die Pflegefachperson im Zentrallager die fehlenden Waren beschaffen. Auch dem Weg dorthin bringt der Roboter Blutproben im Labor vorbei. Nach dem Auffüllen der Lagerbestände am Vormittag, unterstützt der Roboter bei Serviceleistungen und bringt Wasserflaschen zu Patient:innen. Die FutureRoboCare GmbH hat frühzeitig Kontakt aufgenommen und gezielt das AixistenzRobotik Kompetenzzentrum als Partner ausgewählt, da hier originäre Expertisen

*gebündelt werden und neue Entwicklungs- und Evaluationsmethoden entwickelt wurden, die internationalen best-practice Ansätzen entsprechen. Zudem sind die Kontakte zur Versorgungspraxis und Wissenschaftler:innen unterschiedlicher Disziplinen auch für künftige Ideengenerierung und Produktentwicklung vielversprechend. In einem Co-Design Prozess mit Pflegefachpersonen wurden Prototypen des Roboters entwickelt, die frühzeitig im Feld anhand definierter Testszenarien und Benchmarks evaluiert wurden. Nach mehreren Entwicklungsschleifen wurde der Roboter einem zweimonatigen Langzeittest in der Universitätsklinik der RWTH Aachen unterzogen, bei dem neben Usability und Akzeptanz durch Nutzer:innen auch förderliche und hemmende Faktoren der erfolgreichen langfristigen Implementierung betrachtet wurden wie organisatorische, infrastrukturelle oder finanzielle Faktoren. So stellte sich heraus, dass es mehr Schnittstellen zu anderen Informationssystemen des Hauses braucht zur besseren Integration des Roboters in die IT-Gesamtinfrastuktur sowie ein attraktiveres Geschäftsmodell.*

### 2.1.3 Gesamtziel des Kompetenzzentrums

Gegründet wird ein Kompetenzzentrum zur Erprobung und Weiterentwicklung von robotischen Systemen in der Anwendungsdomäne Gesundheit, Pflege & Assistenz in Realumgebungen. Betrachtet wird die professionelle stationäre Pflege, im Besonderen die klinische Pflege und Altenpflege. Im **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum werden drei unterschiedliche Typen bestehender robotischer Assistenzsysteme erprobt: 1) robotische Entwicklungen, die in der eigentlichen Pflege und/oder Therapietätigkeit unterstützen (z.B. roboterassistierte Rehabilitation, Exoskelette), 2) Robotersysteme, die individuelle Gesundheit fördern und persönliche Assistenz leisten und 3) Robotersysteme, die den Pflegebetrieb unterstützen (z.B. spezialisierte Hol- und Bringdienste für Pflegestationen). Mit dem Universitätsklinikum Aachen (UKA) und dem SKM – Katholischen Verein der sozialen Dienste Aachen e.V. (Seniorenzentrum Rothe Erde) stehen zwei reale Testfelder für robotische Assistenzsysteme zur Verfügung, die die Bandbreite der professionellen stationären Pflege abdecken und somit über verschiedene Pflegesituationen hinweg strukturierten Erkenntnisgewinn erlauben. In diesen Umgebungen können existierende Robotersysteme in alltäglichen Situationen unter realen Bedingungen und über einen längeren Einsatzzeitraum erprobt werden.

Ein Schwerpunkt des Zentrums liegt auf der Anforderungsanalyse an unterschied-

liche Assistenzrobotik und einer Technologiebewertung. Auf dieser Basis werden Testszenarien entworfen, um einzelne Basis- oder Spezialfähigkeiten von Assistenzrobotern standardisiert und vergleichbar testen zu können inklusive der Definition von Evaluationskriterien und entsprechender Metrikenentwicklung. Neben der technischen Funktionsfähigkeit, dem Interaktionsverhalten und der Usability der Systeme, wird deren Einbettung in und Wirkung auf den Pflegealltag, die Arbeitsabläufe und Sozialbeziehungen erforscht sowie ethisch reflektiert. Zudem wird exploriert wie Assistenzroboter Mehrfachnutzen bringen können, indem beispielsweise mehrere Aufgaben übernommen werden oder anfallende Daten für andere Zwecke datenschutzkonform und Privatsphäre während genutzt werden können. Letzteres bildet auch die Grundlage für innovative datengetriebene Geschäftsmodelle, die im Projekt erprobt werden, sowie verbessert es die Datenlage in der Assistenzrobotik durch die Nachnutzung durch andere Forschende. All die genannten Komponenten werden im Rahmen der übergeordneten Implementierungsforschung ganzheitlich betrachtet, um neben individuellen auch infrastrukturelle, organisationale, personelle und finanzielle Faktoren zu identifizieren, die eine langfristige Adoption der Systeme fördern oder behindern.

Zudem möchte das Zentrum den Paradigmenwechsel beflügeln: Weg von der Entwicklung *für* die Pflege und hin zur partizipativen Co-Creation *mit* zu pflegenden Menschen und Pflegefachpersonen. Hierfür wird interdisziplinäre Kompetenz aufgebaut und Mechanismen geschaffen diese zu erhalten und leicht zugänglich zu machen. Das Kompetenzzentrum stellt sich mit seinen Ergebnissen konsequent dem öffentlichen und fachlichen Diskurs über unterschiedliche Transferformate für Bürgerschaft, Wissenschaft und Berufsfachverbände. Realisiert wird dies von insgesamt zehn wissenschaftlichen Partnern aus den Disziplinen Ingenieurwissenschaften, Informatik, Psychologie, Arbeitswissenschaft, Ethik, Pflegewissenschaft, Wirtschaftswissenschaften, Design, vier Unternehmen und zwei Anwendungspartnern.

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

### 2.2.1 Internationaler Stand der Wissenschaft und Technik

Die Aufarbeitung des internationalen Standes von Wissenschaft und Technik gliedert sich in:

1. eine Analyse der am Markt erhältlichen robotischen Systeme sowie Forschungs- und Entwicklungsprojekten (vornehmlich gefördert durch BMBF oder EU)
2. eine Aufarbeitung von empirischen Studien mit robotischen Systemen in der Pflege aus Sicht der Technik- und der Sozialwissenschaften einerseits und der Pflegewissenschaft andererseits,
3. einer Analyse dazu, welche technischen Komponenten und Funktionen von robotischen Assistenzsystemen in Feldstudien simuliert werden,
4. die Darstellung der Ergebnisse von im Vorprojekt durchgeführten Expert:innen-workshops und -interviews zum Thema Pflegerobotik.

### 1. Marktanalyse & Analyse von Forschungs- und Entwicklungsprojekten in der Pflegerobotik

Für die Marktanalyse ist es zweckdienlich, die drei vorgenannten Typen von Assistenzrobotik zu unterscheiden. **Pflege und Therapie direkt unterstützende Robotik:** In diesem Bereich werden zum einen Systeme entwickelt, die die *Vorsorgung von pflegebedürftigen Personen* erleichtern. Hierunter fallen vor allem Betten und Sitzmöbel, die über verschiedene Motoren zur Verstellung verfügen (z.B. BMBF Projekte AdaMekoR, MobiStaR, PflKoRo; RIBA (Japan)). So werden beispielsweise im Projekt AdaMekoR dem Bett ein drehbares Gestell und ein Roboterarm hinzugefügt. Diese Systeme können Menschen mit niedrigen Pflegegraden assistieren und die Selbstständigkeit länger erhalten, sind im Kern jedoch zur Erleichterung der pflegerischen Tätigkeit gedacht. Andere Systeme sollen Patient:innen aus dem Bett heben (z.B. RIBA), oder die Pflegefachperson bei der Versorgung einer bettlägerigen Person unterstützen (z.B. PflKoRo). Zudem wird der Einsatz von Exoskeletten zur physischen Entlastung der Pflegepersonen exploriert. Im Projekt Expertise 4.0 sollen Pflegepersonen in Feldtests erste Erfahrungen mit unterschiedlichen Exoskeletten sammeln und nachfolgend in



Fokusgruppen und Interviews befragt werden. Weiterhin gibt es Projekte, die *Systeme für die Rehabilitation und (Physio-)Therapie* entwickeln (z.B. InRehaRob, RobDIP, RoSylerNT, diverse GAIT Systeme) als auch solche, die Therapie oder *Unterstützung im kommunikativen sozialen Bereich* fokussieren für Patient:innen unterschiedlicher Altersstufen mit beispielsweise Demenz oder Autismus-Spektrum-Störung (z.B. RUBYDemenz, ERIK, VIVA, Paro).

**Pflegebetrieb unterstützende Robotik:** Sogenannte Fahrerlose Transportsysteme (FTS) haben in großen Krankenhausbetrieben Einzug gefunden (z.B. Unikliniken in Münster, Köln und Düsseldorf). Für Systeme wie TransCar (von Swisslog) oder Carey (von DS Automation) sind die Einrichtung entsprechender Infrastruktur (z.B. Marker, Leitsysteme) und teilweise Umbauten notwendig (z.B. separate Fahrstühle) um nebenläufige Prozesse zu etablieren, die den eigentlichen Pflegebetrieb möglichst nicht oder nur geringfügig stören. Solche Umbauten sind nicht allorts möglich, weswegen kleinere Transport-Roboter entwickelt werden (z.B. Relay von Savioke, TUG von Aethon, RoboCourier von Swisslog, Moxi von Diligent Robotics), die sich die vorhandenen Laufwege mit Pflegefachpersonal, Patient:innen und Besucher:innen teilen, so aber menschlichen und baulichen Hindernissen gegenüberstehen (z.B. Treppen, (besetzte) Fahrstühle, unebener Boden, verschlossene Türen). Um dieser Problematik begegnen zu können, bevor taugliche technische Lösungen entwickelt sein werden, wird an menschengestützten Lösungen geforscht. Stellvertretend sei das Projekt FRAME genannt, bei dem Roboter in die Lage versetzt werden sollen, Menschen in der Nähe um Hilfe zu bitten, um sich beispielsweise die Türe öffnen zu lassen. Deutlich wird, dass diese Robotersysteme immer noch in der Entwicklung oder Erprobung sind (Moxi, Relay) oder aufgegeben wurden. Beispielsweise wurde der RoboCourier (Swisslog, Schweiz) 2013 angekündigt, wird aber derzeit nicht über Swisslog Healthcare vertrieben. Swisslog ist dafür auf den Savioke Relay umgestiegen. Zudem werden Roboter zur Kontrolle von Materialbeständen entwickelt (Moxi, Projekt HoLLiE). Weiterhin sind UV-Licht basierte Desinfektionsroboter am Markt erhältlich (z.B. von MetraLabs, UVDRobots, UBTech Robotics, Reeman AI in Action, Blue Ocean Robotics) bzw. andere Desinfektionsroboter in der Entwicklung (Projekt: DeKonBot), die vor der pandemischen Lage kaum beachtet wurden, nun aber zunehmend attraktiver werden und eingesetzt werden. Ebenfalls noch im Stadium der Entwicklung befinden sich intelligente Pflegewagen (z.B. Projekt SeRoDi, Varomo UG). **Persönliche Assistenz-**

**oder Serviceroboter.** Diverse Serviceroboter für die soziale Betreuung, Versorgung oder Unterhaltung von Patient:innen oder Bewohner:innen befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Zu nennen sind hier Systeme zur Entlastung des Pflegepersonals von Servicetätigkeiten wie Hol- und Bringdienste (z.B. Patient:innen mit Getränken versorgen, Projekte SeRoDi, REsPonSe, Romi) oder der Aufnahme von Essensbestellungen (Projekt HoLLiE). Assistenzroboter sollen Patient:innen durch das Krankenhaus begleiten (Projekte HoLLiE, PeTRA), ihnen folgen und Lasten übernehmen (CAREcules von Varomo) oder beim Aufstehen helfen (Projekt KoBo34). Der Roboter Pepper wird im Empfangsbereich von Krankenhäusern eingesetzt<sup>1</sup>. Zur Steigerung von Wohlbefinden und der sozialen Teilhabe von Patient:innen und Bewohner:innen werden sozial kommunikative Roboter entwickelt, die die soziale Interaktion unter den Bewohner:innen fördern (z.B. Projekt VIVA) und Telepräsenzroboter, mit denen An- und Zugehörige, Ärzt:innen oder Therapeut:innen per Videotelefonie kontaktiert werden können (z.B. temi “The Home Care Robot” von medisana, Dinsow Mini (Taiwan)). Weiterhin gibt es Systeme, die eingeschränkte Mobilität oder Kraft von Patient:innen oder Bewohner:innen kompensieren wobei meist ein Roboterarm von Menschen auf verschiedenste Weisen bedient werden kann, etwa mit Kopfbewegungen. Ziel ist es, Menschen, die ihre eigenen Gliedmaßen, beispielsweise nach einem Schlaganfall oder bei Querschnittslähmung, nicht mehr oder nur noch eingeschränkt benutzen können, einen künstlichen Arm zu geben (z.B. Projekte ROBINA, MobILe).

**Fazit.** Als Fazit ist festzustellen, dass es zwar eine Reihe von Forschungsprojekten und Prototypen zu robotischen Assistenzsystemen in Gesundheit, Pflege und Assistenz gibt und somit derzeit in allen drei Kategorien erste Systeme mit einem auf den jeweiligen Anwendungsfall limitierten Funktionsumfang zur Verfügung stehen. Die meisten dieser Systeme konnten aber nur unter Laborbedingungen oder als Machbarkeitsstudie in Einsatzumgebung (Technology Readiness Level bis 5, Mankins et al. 1995, Hirshorn et al. 2017) ihre generelle Eignung einem ersten Test unterziehen und wurden nicht einem Langzeittest unterzogen. Nur wenige Systeme haben Marktreife erlangt (insbesondere ganzheitliche Logistiklösungen (z.B. Carey, TransCar), erste Desinfektionsroboter und der Therapieroboter Paro) oder falls Sie am Markt erhältlich sind, haben nur wenige eine flächendeckende Marktpenetration erreicht. Die Gründe

---

<sup>1</sup><https://time.com/4367870/pepper-robot-belgium-hospital-receptionist/>

dafür sind verschiedenartig und werden vertieft diskutiert in Resultaten der Workshops und Interviews, sowie der Literaturanalyse.

### **2. Aufarbeitung des Forschungsstandes zu empirischen Studien mit robotischen Systemen in der Pflege aus Sicht der Technik- und der Sozialwissenschaften und der Pflegewissenschaft**

Gemäß dem Profil des Kompetenzzentrums fokussiert die Analyse des Forschungsstandes den Einsatz von robotischen Assistenzsystemen in der Anwendungsdomäne der stationären professionellen Pflege.

**Technikwissenschaften und Sozialwissenschaften.** In dem wohl umfassendsten Review zur empirischen Evaluation von Technologien in unterschiedlichen Pflegesettings von Krick et al. (2019) auf der Basis von 715 Originalarbeiten finden sich 102 Originalarbeiten zu robotischen Systemen in der Pflege, hiervon entfallen *nur fünf* auf robotische Systeme für die allgemeine *klinische Pflege* sowie 16 weitere auf die klinische Intensivpflege und *46 für die stationäre Altenpflege*. Die weiteren Arbeiten behandeln Roboter für Pflege in der eigenen Häuslichkeit oder sind hinsichtlich des Anwendungskontext nicht spezifiziert. Die Originalarbeiten berichten über robotische Assistenzsysteme, die auf vielen verschiedenen Ebenen unterstützen, z.B. auf physischer, psychischer, sozialer, organisatorischer, sicherheitstechnischer oder pädagogischer und therapeutischer Ebene. Die meisten der 102 Studien sind Akzeptanzstudien (n=64), gefolgt von Effektivitätsstudien (n=57) und keine Studie, die Effizienz untersucht. Es handelt sich meist um kurzzeitige Studien in kontrollierten Umgebungen (Labor) mit geringen Stichproben, um Akzeptanz, Usability, technische Machbarkeit oder technische Effekte zu untersuchen. Nur ein robotisches System, nämlich der Therapieroboter Paro, wurde über einen längeren Zeitraum in randomisierten kontrollierten Studien evaluiert. In einem Review von Zafrani and Nimrod (2018) über 65 Studien zum Einsatz von Robotik im Bereich der Altenpflege waren hiervon nur 16 Studien in einer stationären Altenpflegeeinrichtung durchgeführt worden (die anderen im Labor oder der eigenen Häuslichkeit). Von den 16 Studien waren 7 Untersuchungen als einmalige Interaktion mit anschließendem Interview oder Fokusgruppe konzipiert (Lewis et al. 2016, Tapus et al. 2009, Sundar et al. 2017, Tsardoulis et al. 2017, Turkle et al. 2006, Walden et al. 2015, Begum et al. 2013) mit Stichprobengrößen von 5 bis 51 Teilnehmenden. Weitere 7 Studien variieren in der Länge zwischen 15 Tagen und 3 Monaten (mit in der Regel

einer Interaktion pro Woche, Hebesberger et al. 2016, 2017a,b, Kuwamura et al. 2016, Šabanović et al. 2013, Sung et al. 2015, Chang et al. 2013) mit Stichprobengrößen zwischen 3 und 16 Teilnehmenden. Eine Ausnahme bildet eine Studie von Beedholm et al. (2015), die nach der langfristigen Implementierung einer robotischen Badewanne eine Interviewstudie durchgeführt haben und somit als einzige ein dauerhaft eingeführtes System untersuchte. Alle von Zafrani and Nimrod (2018) begutachteten Studien haben gemein, dass sie den physischen, sozialen und kulturellen Kontext der jeweiligen Mensch-Roboter-Interaktion nicht ausreichend berücksichtigen. Der Großteil der Studien stellt Momentaufnahmen dar. Die untersuchten Hauptthemen waren Akzeptanz, Nutzungsmuster und Faktoren, die die Nutzung einschränken. Üblicherweise wurden diese Themen jedoch gesondert untersucht. Als Fazit lässt sich feststellen, dass Fragen von Usability oder Akzeptanz sowie Nutzungsmuster (also Frequenz der Nutzung) im Vordergrund stehen bei den insgesamt vergleichsweise wenigen Studien zum Einsatz von Robotik in der professionellen stationären Pflege. Von den Studien geht nur ein Bruchteil über einmalige Interaktionen hinaus und wenn Langzeitstudien umgesetzt wurden, dann nur in sehr kleinem Stichprobenumfang. Fragen der Einbettung in Arbeitsabläufe, Teamstrukturen, Tagesabläufe der Nutzer:innen, Infrastruktur und pflegewissenschaftliche Fragen bzw. der Veränderung der Pflegebeziehungen durch die Nutzung von robotischen Assistenzsystemen werden nicht adressiert.

**Pflegewissenschaft.** Die Pflegewissenschaft beschäftigt sich ebenfalls intensiv mit dem Thema Pflegerobotik, untersucht aber überwiegend keine konkreten, existierenden oder in der Entwicklung befindlichen Systeme, und arbeitet meist mit Interviews, Fokusgruppen oder Surveys, um generelle Einstellungen unterschiedlicher Stakeholder (vornehmlich Pflegefachpersonen, Leitungen von Pflegeeinrichtungen, Patient:innen oder Bewohner:innen und An- und Zugehörige) zum KI- oder genereller zum Technologieeinsatz in der Pflege zu ergründen. Dabei haben die Befragten oft keine oder sehr wenig Erfahrung mit robotischen Systemen, so dass die Erkenntnisse auf der Ebene antizipierter Auswirkungen positiver oder negativer Art bleiben. Als Beispiel genannt sei hier der Review von Buchanan et al. (2020) zum Einsatz von KI (in diversen Formen) in der Pflege. Eine nähere Analyse der zitierten Arbeiten, die sich auf KI als Teil robotischer Systeme beziehen, ergibt, dass es sich vornehmlich um Interviewstudien, Fokusgruppen oder Surveys handelt (z.B. Liang et al. 2019, Kriegel et al. 2019, Vandemeulebroucke et al. 2020), einige zitierte Arbeiten sind "Opinion-Paper" (z.B. Beck

2019, Pepito and Locsin 2019), in denen aus der eigenen Expertise heraus reflektiert wird, oder sogenannte Case Studies (z.B. Tanioka 2019, Birks et al. 2016, Gustafsson et al. 2015, Pfadenhauer and Dukat 2015, Moyle et al. 2019). Zwar stehen bei den Case Studies Fragen der guten Pflege und der Pflegebeziehungen im Vordergrund, aber es handelt sich nicht um repräsentative Studien oder Langzeiteinsätze.

**Fazit:** Es lässt sich festhalten, dass die Wissenschaftsdisziplinen bisher nur unzureichend miteinander verbunden sind, was jedoch angesichts eingangs formulierter Herausforderungen dringend geboten wäre. Systeme werden häufig ohne die Einbindung von Pflegewissenschaftler:innen oder Pflegefachpersonen entworfen, entwickelt und evaluiert und daher pflegewissenschaftliche Fragestellungen auch kaum beachtet. Pflegewissenschaftliche Fragestellungen hingegen werden meist nicht über Systemtestungen beforscht, sondern über Interviews und Surveys. Eine Zusammenführung der Wissenschaftsdisziplinen zum Thema Pflegerobotik an einem Standort wie dem Aachener Kompetenzzentrum sichert langfristig den interdisziplinären Austausch.

### 3. Analyse zur Simulation von Funktionen robotischer Assistenzsysteme in Feldstudien

Wie unter Punkt 2 beschrieben gibt es zwar eine Reihe von Feldstudien mit Pflegerobotik, dies bedeutet aber nicht zwangsläufig, dass es sich um vollautonome Assistenzrobotik handelte. Sogenannte Wizard-of-Oz Szenarien (WoZ) wurden in der Vergangenheit und auch heutzutage noch häufig eingesetzt für die Evaluation von Assistenzrobotik. In WoZ-Szenarien werden einzelne oder alle technischen Funktionen bei Assistenzrobotern simuliert und durch Fernsteuerung durch eine eingeweihte Person, einen sogenannten Wizard, ausgeführt. Die Art und der Umfang simulierter technischer Funktionen heute scheint vergleichbar mit denen in einem früheren Review festgestellten (Riek 2012). Riek beschrieb 2012, dass vornehmlich die Verarbeitung und das Verstehen natürlicher Sprache sowie eine adäquate Reaktionsauswahl auf das Gesagte simuliert werden, sowie nonverbale Verhalten von Robotern (z.B. nicken, auf etwas zeigen, Blickkontakt herstellen) und Navigations- und Mobilitätsaufgaben, um beispielsweise den Roboter an einer bestimmten Stelle zu positionieren. Ähnliches zeigt sich in unserer aktuellen Analyse für die Machbarkeitsstudie. Hierzu wurden 18 WoZ-Studien zum Einsatz von Robotik in der Pflege identifiziert, von denen fast alle Spracherkennung und Sprachverstehen, als auch Sprachausgabe simuliert

haben (n=15, z.B. Sutherland et al. 2019, Carros et al. 2020), nonverbales Verhalten und Blickverhalten (n=10, z.B. Kim et al. 2013), sowie Navigationsaufgaben (n=6, z.B. Garzo et al. 2012), Objekterkennung (n=2, z.B. Garzo et al. 2012) und Domänenwissen (n=15, z.B. Hruška et al. 2020). Auch Schnittstellen zu Datenbanken zur Informationsbeschaffung (n=2, z.B. Aubergé et al. 2014), das Erinnern früherer Interaktionen (n=2, z.B. Thunberg et al. 2021) und (Wieder)erkennen von Nutzenden (Gesichtserkennung n=6, z.B. Thunberg et al. 2021) sowie deren nonverbalen Verhalten (n=6, z.B. Jeong et al. 2015) gehörten zu den simulierten Funktionen. Es lässt sich feststellen, dass immer noch viele empirische Studien komplett oder zumindest teilweise die Funktionsweise von Assistenzrobotern simulieren. Problematisch dabei ist, dass in vielen Originalarbeiten nicht beschrieben wird, welche Funktionen genau simuliert werden. Zudem machen Wizards nicht die üblichen Fehler, die bei einem autonomen System vorkommen würden (z.B. Probleme bei der Spracherkennung bei Kindern, älteren Personen, Personen mit Sprachproblemen). Wizards sind flexibler in der Interpretation von Situationen und können angemessener reagieren aufgrund eines Situationsbewusstseins, welches der Technik fehlt. Somit lassen WoZ-Studien nur bedingt Rückschlüsse auf die wirkliche Funktionsweise im Feld der Roboter zu. Vorteilhaft ist aber, dass dadurch die Untersuchung von zukünftigen Szenarien ermöglicht wird, beispielsweise zu den Auswirkungen der Systeme auf Arbeitsabläufe oder Pflegebeziehungen, gegeben, dass die Systeme den simulierten Funktionsumfang hätten.

### 4. Ergebnisse der Expert:innenworkshops und -interviews zum Thema Pflegerobotik

Um den Stand der Wissenschaft und Technik für die Pflegedomäne vertieft betrachten und Hintergründe diskutieren zu können, wurden vier Workshops abgehalten mit technischen Expert:innen aus KMUs und den Ingenieurwissenschaften (n=9) und Informatik (n=6), mit Stationsleitungen und Pflegedirektor:innen (n=13) und mit Pflegerobotik befassten Forschenden aus Psychologie, Arbeitswissenschaft, Ethik, Pflegewissenschaft und Wirtschaftswissenschaften (n=7). Zudem wurden Interviews durchgeführt mit Pflegefachpersonen in der klinischen Pflege und stationären Altenpflege (n=13). Ziel war es, die wesentlichen Herausforderungen beim Einsatz von robotischen Systemen in der Pflege zu identifizieren, die der Durchführung der avisierten Projekte im Rahmen des Kompetenzzentrums entgegenstehen (könnten) und noch nicht in der Literatur beschrieben sind. Dabei haben sich eine Reihe von Problemstellungen und Hemmnissen als wiederkehrend und kritisch manifestiert, die folgend thematisch gruppiert beschrieben werden.

**Technische Herausforderungen.** Zunächst ist festzuhalten, dass unter den Expert:innen eine weitgehende Übereinkunft darin besteht, dass das sogenannte „Technology Readiness Level“, also der Entwicklungszustand der bestehenden Systeme für einen Einsatz im Feld in den allermeisten Fällen nicht ausreichend (hoch) ist. Aus diesem Grund werden Evaluationsstudien häufig mit einem WoZ Studiendesign durchgeführt, da so ein Erkenntnisvorsprung erzielt werden kann, der mit autonomen Systemen nicht zu erreichen wäre. Die Anforderungen aus der (Pflege-)Praxis und die technischen Umsetzungsmöglichkeiten klaffen insgesamt noch weit auseinander. So können etwa autonome Folgefunktionen im betriebsamen Klinikalltag auf dem Krankenhausflur noch lange nicht zuverlässig genug realisiert werden. Eine weitere geäußerte Hürde ist, dass die technischen Produkte, die sich noch im Entwicklungsstadium befinden, nicht zertifiziert und deswegen für Realweltumgebungen (und bei vulnerablen Personen) nicht zugelassen sind. Insbesondere bei Medizinprodukten sind die Prozesse zur Zertifizierung sehr langwierig, aufwendig und kostenintensiv. Als gängiges Problem wurde auch das Wissensmanagement in Forschung und Entwicklung von den Expert:innen benannt. Systeme werden häufig im Rahmen von klar begrenzten Forschungsprojekten in oft drei Jahren entwickelt und gebaut. Nach dem Abschluss eines solchen Projek-

tes wird das Wissen der Mitarbeitenden in der Forschungseinrichtung häufig nicht ausreichend konserviert und ist dadurch für weitere Projekte und Entwicklung nicht oder nur bedingt nutzbar, gerade dann, wenn ein Folgeprojekt sich nicht unmittelbar anschließt. Auch werden aufgebaute Systeme nicht weiter gewartet und betriebsbereit gehalten, häufig werden sie sogar demontiert und bei dem Aufbau neuer Systeme verwendet. Eine Reihe von identifizierten Herausforderungen bezieht sich auf die Evaluation der technischen Systeme. Hier wurde in den Workshops eine hohe Vorhersageunschärfe angemerkt, was die Anforderungen an die zu entwickelnden Systeme zu einem zukünftigen Zeitpunkt betrifft. Während der Entwicklung beschränkt sich die Evaluation auf einen eingeschränkten und stark kontrollierbaren Anwendungsfall. Es fehlen standardisierte Szenarien, in denen Forschungsprototypen gefahrlos und ökologisch valide erprobt werden können und auch Metriken, nach denen Systeme zu evaluieren sind.

**Herausforderungen in der Pflege.** Eine der häufig genannten Herausforderungen in der Pflege ist die Technikaffinität. Das Pflegefachpersonal ist insgesamt unterschiedlich stark technikaffin, wobei im Intensivpflegebereich eine höhere Affinität zu beobachten sei als in der Altenpflege. Auch die Ausbildung in den verschiedenen Bereichen ist unterschiedlich stark auf Technik fokussiert. Ein vielfach genannter Kernaspekt dabei ist, dass ein technisches System im Pflegealltag nicht hinderlich sein darf, beziehungsweise keinen Mehraufwand bedeuten darf. Hier gilt es, die ohnehin schon sehr hohe Belastung und Beanspruchung bei der Integration insbesondere von Prototypen entsprechend zu berücksichtigen. Das interviewte Pflegefachpersonal fordert hier zurecht eine aktive Einbindung in die Entwicklung ein. Es dürfen keine Annahmen darüber getroffen werden, was das Pflegefachpersonal kann, will oder macht. Stattdessen soll und möchte das Personal eine aktive Rolle in der Entwicklung einnehmen. Dies soll auch der Tatsache Rechnung tragen, dass sowohl das Berufsbild "Pflege" als auch der Begriff "Pflege" selbst komplex sind. Die Interviewten verwiesen darauf, dass die Erfassung der komplexen Anforderungen innerhalb der beruflichen Pflege und das Verständnis für die Bedarfe und Herausforderungen einer erfolgreichen Entwicklung und Etablierung robotischer Systeme äußerst schwierig ist. Das gilt auch für eine Erfassung und ein Verständnis davon, was "gute" Pflege ist und sein kann und wie diese unter Einbezug von Robotik erhalten und bestenfalls unterstützt werden kann.



**Organisationale und psychologische Herausforderungen.** Ähnlich wie bei der Technikaffinität des Pflegefachpersonals ist die Technikakzeptanz aller Stakeholder vom Pflegefachpersonal über die Patient:innen bis hin zu An- und Zugehörigen und Besucher:innen eine der genannten Herausforderungen. Hier ist neben der Nutzungsakzeptanz auch die Akzeptanz der bloßen Existenz robotischer Systeme im Pflegekontext zu berücksichtigen. Die Integration robotischer Systeme muss sowohl in die (personelle) Organisationsstruktur als auch in das Teamgefüge stattfinden. Das befragte Pflegefachpersonal befürchtet oft eine Einführung technischer Systeme „von oben“ seitens der Führungskräfte. Hier besteht Bedarf an Überzeugungskraft und Veränderungsmanagement. Eine Veränderung von Rollen und Aufgaben muss entsprechend analysiert und begleitet werden. Es kommt dabei auf Vertrauen an und Emotionen müssen berücksichtigt werden. Ferner ist eine interdisziplinäre Kommunikation notwendig, sowohl innerhalb eines Projektteams bei der Entwicklung und Integration als auch im späteren Einsatz robotischer Systeme. Die Interviewten verwiesen auch auf räumliche Hürden, da die bestehende Infrastruktur in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen selten für den Einsatz robotischer Systeme vorbereitet sei. Schließlich fehlt es auch im organisationalen und psychologischen Bereich an strukturierten Auswertungs-, Befragungs- und Evaluationstools. Neben Methoden zur Erfassung des Nutzwertes eines robotischen Systems in der Pflege gibt es keine standardisierten Testverfahren für die Interaktion zwischen Menschen und Maschine in der Pflege.

**Weitere Herausforderungen.** Eine weitere Herausforderung sind die sich verändernden Anforderungen an das Berufsbild Pflegefachperson durch zunehmende Technisierung und daher die Frage nach der Entwicklung neuer Berufsbilder und -perspektiven in der Pflege. Mit der Einführung technischer Systeme stellt sich gleichzeitig auch die Frage nach dem Datenschutz, denn die Möglichkeit zur Überwachung des Arbeitsalltags und der individuellen Performanz muss absolut vermieden werden. Gleichsam ist der Datenschutz für Patient:innen von höchster Bedeutung.

### 2.2.2 Vorteile gegenüber konkurrierenden Lösungsansätzen

Durch die Gründung des **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrums wird eine Organisationsstruktur und Professionalisierung im Konsortium und in den Testfeldern geschaffen, die den zuvor herausgearbeiteten Hürden Abhilfe schaffen kann. Der

enorme Organisationsaufwand für Feldstudien wird zentralisiert gesteuert. Es entsteht ein breites Portfolio an standardisierten Testszenarien und Evaluationsmethoden für Assistenzrobotik, das unterschiedlichste Funktionen und Anwendungen abdeckt. Dabei geht das Projekt über bestehende Ansätze wie realitätsnahe Simulationsumgebungen hinaus (z.B. Reallabore des Pflegeinnovationszentrums) und bringt die Assistenzrobotik an den Einsatzort. Im Gegensatz zu den vier Pflegepraxiszentren in Deutschland, die unterschiedlichste Technologie für die Pflege in der Praxis evaluieren, fokussiert das Kompetenzzentrum explizit auf Robotik und behandelt auch technische Fragestellungen unter direktem Einbezug der Ingenieurwissenschaften und Informatik. Zudem werden fast alle Kompetenzen räumlich in Aachen gebündelt und haben so auch nach Beendigung der Förderung ein sehr hohes Potential erfolgreich im zu etablierenden Center Nursing Care der RWTH weitergeführt zu werden (siehe Kapitel 2.4.2). Das Konzept des Kompetenzzentrums betrachtet den Einsatz von Assistenzrobotik in der Pflege holistisch und berücksichtigt nicht nur technische, arbeitswissenschaftliche oder psychologische Dimensionen, wie es bei den meisten Projekten der Fall ist. Der integrative Ansatz des Projektes inkludiert zudem pflegewissenschaftliche und ethische Fragen, unterschiedliche Designansätze und die Entwicklung von Datenmanagementkonzepten und Geschäftsmodellen. Alle diese Dimensionen werden abstrahiert auf einer Meta-Ebene im Sinne der Implementierungsforschung ganzheitlich betrachtet. Eine derartige Verzahnung unterschiedlichster Disziplinen geht über den bisherigen Stand der Forschung weit hinaus.

### 2.2.3 Risikodarstellung

Ein Risiko für das Verbundprojekt ist, dass trotz der zentralisierten Organisation aller Feldstudien die Testfelder (Pflegestationen in der Uniklinik oder Wohngruppen bei SKM) überlastet werden. Um dieses Risiko zu minimieren, werden im Projekt zwei Pflegefachpersonen eingestellt, die bei Evaluationen die jeweilige Station personell entlasten, um so den Mehraufwand zu kompensieren. Zudem bringen die Pflegefachpersonen ihre fachliche Expertise im Projekt ein, beispielsweise zur Co-Creation von Assistenzrobotik, oder stellen andere Pflegefachpersonen für eine inhaltliche Mitarbeit frei, so dass möglichst vielen Pflegefachpersonen die Mitwirkung ermöglicht werden kann. Zudem steht mit der St. Gereon Senioren Dienste gGmbH (assoziiierter Partner)

ein weiteres Testfeld zur Verfügung. Dies trägt nicht nur zur Risikominimierung bei, sondern ermöglicht auch, den Transfer der empirischen Ergebnisse zwischen unterschiedlichen Pflegeeinrichtungen zu untersuchen und erhöht so die Generalisierbarkeit der Erkenntnisse. Ein weiteres Risiko wäre eine niedrige Akzeptanz der evaluierten Systeme seitens der Nutzer:innengruppe. Obwohl für die Forschung ein wertfreies Resultat, wäre dies ein Risiko für die beteiligten Unternehmen. Abgedeckt wird dies durch die vorgesehenen Entwicklungssprints. Ursachen niedriger Akzeptanz werden identifiziert, Optimierungen umgesetzt sowie erneut evaluiert. Weiterhin gibt es ein Konzept zum partizipativen Design, damit im Projekt verhindert werden kann, dass an Bedarfen vorbei entwickelt wird. Falls die Ursachen niedriger Adoptionsrate nicht individuelle Akzeptanz sind, sondern organisationale, finanzielle, personelle oder infrastrukturelle Faktoren, wird dies mittels der Implementierungsforschung aufgedeckt. Letztlich waren für längere Zeit durch die Corona-Pandemie Feldtests in Kliniken und Krankenhäusern kaum durchführbar. Dies erschwerte die ohnehin schwierige Erprobung und Evaluation von Anwendungen in Realumgebungen zusätzlich. Allerdings bestehen mittlerweile entsprechende Schutzkonzepte und Hygienemaßnahmen, so dass nun Handlungsräume für die Durchführung dieser Studien bestehen.

## 2.3 Wissenschaftliche und technische Methoden sowie Arbeitsziele des Kompetenzzentrums

Im **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum werden Erfahrungen und Befunde zum Einsatz von Assistenzrobotik in Realumgebungen sowie entsprechendes Know-How zur Durchführung und Bewertung dieser Einsätze aktiv sammelt, zusammengebracht, aufbereitet und vernetzt, um auf dieser Basis verallgemeinerbare Konzepte und Methoden zu synthetisieren und der Forschungscommunity zur Verfügung zu stellen. Die Kernarbeitsziele und die wissenschaftlichen und technischen Methoden dieser Ziele werden im Folgenden beschrieben. Abschließend wird ein Überblick über die zu evaluierenden robotischen Systeme sowie die systemspezifischen Fragestellungen gegeben.

**Strukturierte Erfahrungen mit Assistenzrobotik in Realumgebungen:** Im **AssistenzRobotik** Kompetenzzentrum werden drei unterschiedliche Typen bestehender robotischer Assistenzsysteme erprobt: robotische Entwicklungen, die in der eigentlichen Pflege und/oder Therapietätigkeit unterstützen; Robotersysteme, die individuelle Gesundheit fördern und persönliche Assistenz leisten; und Robotersysteme, die den Pflegebetrieb unterstützen. Für alle drei Systemtypen werden systemspezifische sowie systemübergreifende Fragestellungen untersucht. Mit den insgesamt 22 geplanten Feldstudien mit Einsatzzeiten der Assistenzsysteme von mindestens 1 Woche (bei Vorstudien) und bis zu 3 Monaten im Regelbetrieb der Universitätsklinik sowie zumindest einer Altenpflegeeinrichtung wird in nur drei Jahren Förderzeitraum eine bisher nicht dagewesene Datenlage in der Pflegerobotik geschaffen. Alle Systeme werden hinsichtlich ihres Interaktionsverhaltens, der Usability, Effektivität und Effizienz untersucht mittels der im Kompetenzzentrum entwickelten Testszenarien, Metriken und Benchmarks.

**Entwicklung von Testszenarien, Metriken und Benchmarks:** Im Projekt werden Use-Cases und Benchmark-Szenarien entworfen, um einzelne Basis- oder Spezialfähigkeiten von Assistenzrobotern standardisiert und vergleichbar testen zu können. Dazu gehört die Sichtung, Auswahl und Definition von entsprechenden Evaluationskriterien, für die die einzelnen Testszenarien entworfen werden. Die Testszenarien werden inhaltlich und in ihrer empirisch-methodischen Umsetzung beschrieben und aufbereitet (inklusive Anforderungen an Versuchspersonen, Setting, Materialien, Datenaufnahme, Ethikanträge). Für die in den Feldeinsatz gebrachten Systeme werden systemübergreifend auf technischer Seite Benchmarks definiert für die Effizienz von Navigationssystemen, Dialogsystemen und Regelungstechnik für Roboter in der Anwendungsdomäne. Im Hinblick auf die Interaktionsfähigkeiten werden Maße und Testverfahren aus dem Bereich der Dialogsysteme und konversationalen Agenten für die Untersuchung von multimodaler, physisch situierter Mensch-Roboter-Interaktion im Assistenzkontext erweitert, operationalisiert und auf unterschiedliche Systeme im Konsortium angewendet. Dafür sind neue Forschungsfragen im Hinblick auf die Mess-, Anwendbar- und Vergleichbarkeit von Qualitätskriterien der Interaktion (z.B. Erkennungsfehler, Unterbrechungen, Verständnisfehler, Dialog-Reparaturen, Anzahl und Länge der notwendigen Turns) zu betrachten. Um diese strukturierten Erfahrungen und

Erkenntnisse zu ermöglichen, werden im Projekt konsequent für alle drei Robotertypen in jeweils einem spezifischen Arbeitspaket pro Typus Tests-Szenarien und Metriken gesammelt, gesichtet, bewertet, neu entwickelt und vor dem Hintergrund der gesammelten Erfahrungen laufend aktualisiert und verbessert. Vor dem Hintergrund dieser umfassenden Betrachtung können Begriffe wie Akzeptanz für diese Systeme in diesem Anwendungsfeld neu definiert werden und entsprechende Verfahren, Designmethoden, und Tools entwickelt werden.

**Untersuchung der Akzeptanz und (Langzeit-)Wirkung von Pflegerobotik in der Pflege:** Über die Fragestellungen hinsichtlich Interaktionsverhalten und Usability hinaus, werden sowohl systemspezifisch als auch systemübergreifend und vergleichend untersucht:

1. soziale Effekte in der Interaktion mit den Patient:innen (z.B. Selbstbestimmung der Nutzenden, Beziehungsbildung zum System) und Pflegefachpersonen (z.B. Veränderung der Gruppen-dynamiken in Kommunikation in Pflegeteams / Selbstwirksamkeit von Pflegepersonal)
2. pflegewissenschaftliche Fragen (z.B. Veränderung von Pflegebeziehungen)
3. Akzeptanz des jeweiligen Systems durch Patient:innen, An- und Zugehörige, Pflegefachpersonal
4. Erreichen des intendierten Outcomes der jeweiligen Systeme wie Steigerung des Wohlbefindens und sozialen Interaktion, der Mobilität oder Autonomie, der physischen oder psychischen Entlastung, oder Zeitersparnis unter gleichzeitiger Berücksichtigung der (Arbeits-) Sicherheit.

Als Datenquellen dienen Interviews, standardisierte Befragungen und die Auswertung von Systemdaten. Die Usability und User Experience Erkenntnisse aus der Interaktion mit den Einzel-systemen bilden die Grundlage zur Ableitung von übergreifenden Mindestanforderungen an Assistenzrobotik in Bezug auf eine effektive, angenehme und sichere Interaktion. Hier kommt ein eigens für die MRI abgeleitetes Technologie-akzeptanzmodell zur Anwendung (Bröhl et al. 2019) sowie qualitative Interviews und standardisierte Fragebögen zur Erfassung der Akzeptanz, der Sympathie, des Vertrauens etc. in Assistenzroboter. Über die unterschiedlichen Systemtypen hinweg lässt sich feststellen, ob sich diese unterschiedlich auf die Organisation von Pflegeteams und deren Gruppendynamiken auswirken oder unterschiedlich die Selbstwirksamkeit oder

das Kompetenzerleben sowie die Arbeitszufriedenheit von Pflegepersonal beeinflussen. Als Methoden kommen hier teilnehmende Beobachtungen, qualitative Interviews, und standardisierte Fragebögen zum Einsatz.

### **Untersuchung der langfristigen Integration von Assistenzrobotik in die Pflege:**

Die Implementierung von Assistenzrobotik in Pflegebetrieben wird ganzheitlich betrachtet im Sinne einer Implementierungsforschung mittels des Integrated Technology Implementation Model (ITIM, Schoville and Titler 2015). Das ITIM integriert erstmals Komponenten aus Technikakzeptanzmodellen und Modellen der Implementierungsforschung, sodass es für die Strukturierung von Technik-Implementierungsprozessen besonders geeignet erscheint. Das Modell wurde theoriebasiert entwickelt, unseres Wissens noch nicht erprobt, und soll daher im Rahmen des Kompetenzzentrums angewendet und ggf. weiterentwickelt werden (z.B. Integration in Ansätze der Arbeitswissenschaften). Die enge interprofessionelle Verzahnung der Wissenschaftsdisziplinen sichert dies.

**Partizipative Entwicklung von Assistenzrobotik:** Die Einführung von Robotern in die Pflege verändert nicht nur Arbeitsabläufe, die Kommunikation in Pflegeteams und Pflegebeziehungen, sondern beeinflusst darüber hinaus auch das gesellschaftliche Umfeld, etwa Dienstleistende außerhalb der Einrichtung oder An- und Zugehörige. Chancen der Robotik müssen im Kontext verstanden sowie Hürden und Kritik unterschiedlicher Stakeholder berücksichtigt werden. Allerdings macht es die physische Natur und der Stand der Technik von Assistenzrobotik noch außerordentlich schwer, leichtgewichtig “Experimentierfelder” zur Erprobung von Robotik im Alltag einzurichten. Design Fiction (u.a. Auger 2013, Dunne and Raby 2013) ermöglicht es, technische Entwicklungspfade mittels Prototypen zu materialisieren und diese als Basis für Spekulationen über die Zukunft und kritische Debatten zu nutzen. Durch Design Fiction entstehen Einsichten darüber, wie Technik Alltagspraktiken ganz konkret formen und welche Auswirkungen sie gesellschaftlich auf unterschiedliche Stakeholder haben könnte. In der Zukunftswerkstatt werden gesellschaftliche Anforderungen an zukünftige Assistenzrobotik in der Domäne diskutiert mit relevanten Stakeholdern z.B. Robotik-Expert:innen, Designer:innen, mögliche Nutzer:innen, wichtige Entscheidungsträger:innen etwa aus der Politik, der Wirtschaft, dem Management. Insbesondere mögliche Nutzer:innen (Gepflegte, An- und Zugehörige, Pflegefach-

personen) sollen im Sinne einer “Bürgerforschung” an der Konzeption des Alltags mit zukünftigen Assistenzrobotern (aus Sicht der Gepflegten, An- und Zugehörigen, Pflegefachpersonen) eingebunden werden und konkrete Vorschläge zur Form- und Interaktionsgestaltung von Assistenzrobotik in der Pflege erarbeitet werden. Basierend auf den Elementen partizipativer Forschung im Projekt wird eine Richtlinienenerweiterung zu menschenzentriertem Design erarbeitet die in eine DIN SPEC überführt werden soll für den Einbezug von vulnerablen und/oder autonomie-eingeschränkten Personen in partizipative Designprozesse.

**Ethische Untersuchung von Assistenzrobotik in der Pflege:** Ebenfalls systemübergreifend und angelehnt an die empirischen Erkenntnisse aus den 22 Studien werden ethische Fragestellungen mittels normativer Analyse untersucht wie die Sorge um die mögliche Verringerung des Kontakts mit Menschen, eine Zunahme der Gefühle der Objektivierung und des Kontrollverlusts, oder Verlust der Privatsphäre und persönlichen Freiheit. Zudem untersucht das Projekt in Auseinandersetzung mit dem aktuellen Stand der (technik-)ethischen Forschungsliteratur alternative Verantwortungskonzepte (relational, kollektiv) für den komplexen Verbund von Technologien, Prozessen und Akteuren.

**Verbesserung der Datenlage zu Assistenzrobotik:** Die im Kompetenzzentrum generierten Daten werden nach den FAIRification-Prinzipien aufbereitet für die wissenschaftliche Nach- und Zweitnutzung. Weiterhin wird die Nachnutzung der anfallenden Daten bei Assistenzrobotern für andere Zwecke (z.B. Objekterkennung bei der autonomen Navigation kann den Arbeitsschutz über Gegenstände vor Feuertüren informieren) exploriert und hierfür ein Metadatenmodell entwickelt sowie ein Konzept und ein Prototyp einer Datenstromverarbeitungsarchitektur. Diese Daten bilden auch die Basis für innovative datengetriebene Geschäftsmodelle für robotische Systeme wie „pay per service“ or „pay for availability“, die im Kompetenzzentrum angewendet und getestet werden.

**Interdisziplinärer Kompetenzaufbau und -erhalt:** Im Projekt soll interdisziplinärer Kompetenzaufbau und -erhalt für Assistenzrobotik in der Pflege erleichtert und gefördert werden. Es entsteht ein Workshopkonzept zum Transfer des im Kompetenzzentrum entwickelten Ansatzes zum Onboarding interdisziplinärer Teams sowie eine disziplinübergreifende Wissensdatenbank in Form einer Entwurfsmustersprache, in der die Kerneergebnisse des Forschungsprojekts als generische, wiederverwendbare und leicht übertragbare Lösungsschablonen für wiederkehrende Probleme direkt verfügbar sind.

### Im AixistenzRobotik Kompetenzzentrum zu evaluierende Systeme:



**Abbildung 2.1:** temi, CAREcules, marble & VIVA.

Im Projekt wird für vier real existierenden *persönliche Assistenzroboter* (temi, VIVA, CAREcules als Transportisch, CAREcules als intelligenter Pflegewagen) systemspezifisch vor allem das Interaktionsverhalten der Assistenzrobotik, die technische Funktionsfähigkeit der Systeme und die Usability und User Experience untersucht und auf diesen Untersuchungsebenen Optimierungspotenzial identifiziert.

Den beteiligten KMUs wird im Projekt die Gelegenheit gegeben auf der Basis der empirischen Ergebnisse aus einer ersten Evaluation einen Entwicklungssprint durchzuführen, um eine Optimierung eines ausgewählten Aspektes zu realisieren und einem erneuten Langzeittest zu unterziehen, um den Impact der realisierten *Abb. 2.1: temi, CAREcules, marble & VIVA*

Optimierung zu bemessen. Zudem dienen zwei der Systeme (temi, VIVA) als Praxisfall für wertorientierte und nachhaltige Gestaltung von Assistenzrobotik. Basierend auf partizipativen Designprozessen mit Pflegefachpersonen und Bewohner:innen und Patient:innen werden auf Basis der existierenden Funktionen, neue Use Cases entworfen, umgesetzt und in Langzeitstudien erprobt. Im Bereich der *im Pflegeprozess selbst unterstützenden Assistenzrobotik* werden Systeme in physikalischer Interaktion mit Nutzer:innen oder Patient:innen fokussiert. Zum einen gibt es am Körper getragene Stützstrukturen, sogenannte Exoskelette, die das muskuloskelettale System bei



spezifischen Tätigkeiten entlasten und es ermöglichen, gesundheitsschonend einer körperlich fordernden Tätigkeit nachzugehen. Obwohl in ersten Projekten der Einsatz von Exoskeletten in der Pflege exploriert wird (Projekt Expertise 4.0), gibt es keine repräsentativen Langzeitstudien, die neben Fragen der Akzeptanz auch die Integration in Arbeitsprozesse und objektive Gesundheitsdaten inkludieren. Dies soll in **AixistenzRobotik** realisiert werden. Eine Alternative zu Exoskeletten ist der Einsatz kooperativer Robotik zur Unterstützung körperlich fordernder Arbeiten, beispielsweise durch sich selbständig bewegende Roboterarme, die zumeist schwere Gegenstände aktiv greifen, heben, positionieren oder halten. Wenn auch dieses Prinzip der Kooperation zwischen Roboter und Mensch im industriellen Umfeld weit verbreitet ist, so ist die Anwendung kooperierender Robotik zur Entlastung der Pflegefachpersonen bei der Durchführung körperlich fordernder Pflegehandlungen noch in den Kinderschuhen. Sie gewinnt aber im pflegerischen Alltag zunehmend an Beachtung (siehe geförderte Projekte unter Kapitel 2.2.1). Es gibt bisher keine systematischen Studien dazu welchen Einfluss die Art und Weise der physikalischen Interaktion auf die Akzeptanz des robotischen Unterstützungssystems durch den Pflegebedürftigen hat, da es an geeigneten Analyseverfahren mangelt. Dieses wird im Kompetenzzentrum entwickelt. Für den Bereich der *Pflegebetrieb unterstützenden Robotik* werden im **AixistenzRobotik** Projekt autonome Desinfektionsroboter in den Langzeiteinsatz gebracht, um Fragen der Integration in bestehende Arbeitsprozesse, Effizienz und Effektivität zu beantworten, auch im Vergleich zu üblichen Verfahren der Desinfektion. Weiterhin werden robotische Logistik- und Hol- und Bringsysteme untersucht über Experteninterviews mit Krankenhäusern, die solche Systeme in den Betrieb integriert haben. Weiterhin wird ein Langzeitfeldversuch mit einem ferngesteuerten Transportroboter in der Klinik unternommen, um technische Entwicklungsbedarfe aufzudecken und unterschiedliche Konzepte der Integration in den Betrieb und für die Interaktion mit dem Transportroboter zu entwickeln.

## 2.4 Nachhaltigkeit und Verwertungsplan

### 2.4.1 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Erfolgsaussichten

**Wissenschaftliche Erfolgsaussichten in der Anwendungsdomäne:** Das **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum ermöglicht strukturierten Erkenntnisgewinn zu den oben genannten wissenschaftlichen Fragestellungen in Bezug auf a) Akzeptanz, Usability und User Experience, b) ethische Aspekte, c) Gruppen- und Teamdynamiken in Mensch-Roboter Teams, d) technische Benchmarks für beispielsweise Regelungstechnik und Dialogsysteme, e) neuartige datengetriebene Geschäftsmodelle und f) förderliche und hinderliche organisationale, organisatorische, personelle Faktoren in Bezug auf die nachhaltige Implementierung von Assistenzsystemen in den Pflegebetrieb. Mit den insgesamt 22 geplanten Feldstudien mit Einsatzzeiten der Assistenzsysteme von mindestens 1 Woche (bei Vorstudien) und bis zu 3 Monaten im Regelbetrieb der Universitätsklinik sowie zumindest einer Altenpflegeeinrichtung wird in nur drei Jahren Förderzeitraum eine bisher nicht dagewesene Datenlage in der Pflegerobotik geschaffen. Diese wird zum einen von den Projektpartner:innen dazu genutzt, die jeweiligen disziplinären Fragestellungen in einer Breite und Tiefe zu beantworten, wie es bisher nicht möglich war. Aufgrund der vertieften interdisziplinären Rahmengoebung über gemeinschaftliche Metrikenentwicklung und der Reflektion hierüber lassen sich über Robotersysteme hinweg strukturiert und vertieft Erkenntnisse gewinnen. Zum anderen können die Daten über die entsprechende Aufbereitung nach den FAIR-Prinzipien (Findable, Accessible, Interoperable, Re-usable) auch über das Projekt hinaus für weitergehende wissenschaftliche Fragestellungen hinaus zweit/nachgenutzt werden. Zur Entwicklung dieser Fragestellungen schafft der **AixistenzRobotik** Think Tank einen entsprechenden Raum. Das Interesse anderer Forschenden am Think Tank zeigt den Bedarf an Daten so wie sie im Projekt generiert werden und ihre hohe Relevanz für die internationale Forschungscommunity. Es ist zu erwarten, dass nicht nur deutsche Forschende, sondern auch internationale Forscher:innengruppen die aufbereiteten Daten zur Nachnutzung anfragen werden. Hiermit wird nachhaltig ein Mehrwert für die Forschung zur Assistenzrobotik geschaffen. Die empirischen Ergebnisse der Feldstudien, die entwickelten Metriken und technischen Weiterentwicklungen, die entwickelten

Handlungsempfehlungen und Testverfahren sowie Analysen zur Anwendbarkeit der Geschäftsmodelle werden in relevanten Fachzeitschriften oder auf wissenschaftlichen Konferenzen und Kongressen veröffentlicht. Avisierte Journale und Konferenzen zur Dissemination der Ergebnisse sind beispielsweise: International Journal of Nursing Studies, Pflege - Die wissenschaftliche Zeitschrift für Pflegeberufe, The Gerontologist, BMC Nursing, BMC Geriatrics, International Journal on Social Robotics, Transaction on Human-Robot Interaction, Computers in Human Behavior, Conference on *Human Factors* in Computing Systems (CHI), International Conference on Social Robotics (ICSR), International Conference on Human Robot Interaction (HRI), International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (IEEE Ro-Man)). An den beteiligten Hochschulen und der Universitätsklinik werden Dissertationen zu den Projektthemen entstehen. Weiterhin wird eine enge Verzahnung der Projektinhalte mit Lehrveranstaltungen und Abschlussarbeiten an den beteiligten Hochschulen erfolgen (z.B. Seminare zu Applied Ethics; Advanced Human-Technology Interaction; Current Topics of HCI). Über diese Einbindung des Kompetenzzentrums in die forschungsbaasierte Lehre und über Vorträge als auch Vorlesungen, Übungen, Seminare und Praktika an den beteiligten Hochschulen wird die Vermittlung der Erkenntnisse des Kompetenzzentrums an den wissenschaftlichen Nachwuchs sichergestellt. Die Erkenntnisse werden im Rahmen des Lehrauftrages in die Ausbildung von Pflegefachpersonen über die Ausbildungsakademie für Pflegeberufe der Uniklinik RWTH Aachen (Leitung Gabi Fleischmann) sowie über die Fliedner Fachhochschule (Prof. Astrid Stephan) einfließen. Ebenfalls einbezogen werden sollen die Pflegekammern NRW und Rheinland-Pfalz sowie der Deutsche Berufsverband für Pflegeberufe (DBfK), sodass die abgeleiteten Ergänzungs- und Erweiterungsbedarfe pflegerischer Kompetenzprofile gezielt in den fachlichen Diskurs, in Curricula oder Qualitätsanforderungen an Weiterbildungen einmünden können.

**Wirtschaftliche Erfolgsaussichten:** Neben den guten Aussichten für die erfolgreiche Fortführung des Kompetenzzentrums (siehe 4.2) sind auch die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten der beteiligten Unternehmen vielversprechend. Die *navel robotics GmbH* möchte die VIVA-Plattform zum Serienprodukt entwickeln und vertreiben. Es gibt derzeit keine vergleichbaren Produkte auf dem Markt, die die geplanten Fähigkeiten zu einem marktkonformen Preis abbilden. Die beiden etabliertesten Angebote im

Pflegebereich sind Pepper von Aldebran und die Roboterrobbe Paro. Sie unterscheiden sich jedoch von dem navel Konzept in zwei Punkten: 1) die ausgeprägten Fähigkeiten der verbalen und nonverbalen Kommunikation und 2) für den Einsatz wird keine zusätzliche Pflegeperson zur Steuerung und/oder Betreuung gebraucht. Die existierende Plattform kann zu Anfang der Projektlaufzeit evaluiert und auf Basis des Feedbacks verbessert werden, was eine verbesserte und schnellere Marktreife bedeutet. Weiterhin werden zusätzliche Use Cases entwickelt, umgesetzt und erprobt, so dass VIVA mit einem breiteren Leistungsangebot ausgestattet werden kann und somit als Produkt noch attraktiver wird für B2B und B2C Kund:innen. Die ***Docs in Clouds TeleCare GmbH*** hat mit “MedCast” ein modernes und sicheres Daten- und Kommunikationsmodell für die Telemedizin entwickelt. Es wird von der MedCast-Plattform, einer vollständig virtualisierten Systemumgebung als Cloud-Infrastruktur, genutzt und in verschiedenen Anwendungen eingesetzt (z.B. bei Telekonsultationen zwischen Pflegeheim und Hausarzt/ärztin oder bei Videosprechstunden zwischen Arzt/Ärztin und Patient:in). ***DICT*** ist zertifizierter Videodienstleister der Kassenärztlichen Vereinigung und die Leistungen können gemäß EBM und GOÄ abgerechnet werden. Neben der “einfachen” webbasierten Videosprechstunde “TeleDoc Starter” steht mit “TeleDoc Robot” auch eine spezielle App für das Temi-Robotersystem (vertrieben über medisana) zur Verfügung. Die App kann mit Hilfe dieses Vorhabens weiterentwickelt und um neue Use Cases erweitert werden, so dass sowohl App als auch Temi-System an Kund:innennutzen gewinnen und höheren Absatz finden. Weiterentwicklungen von DICT im Zusammenhang mit diesem Forschungsprojekt können auch in die MedCast-Plattform sowie in die Telekonsultationssoftware einfließen. Darüber hinaus strebt die DICT mit diesem Projekt die Erschließung weiterer Märkte und die Ausweitung auf andere medizinische Bereiche an. In diesem Zusammenhang ist insbesondere der Krankenhaus-Markt zu nennen. Die ***medisana GmbH*** vertreibt mit dem “Home Care Robot” (auf der Basis der Temi Roboter Plattform) einen persönlichen Assistenzroboter für Endanwender. Der Home Care Robot navigiert autonom durch die Wohnung und sorgt durch intuitive Sprachsteuerung (Alexa) für mehr Unabhängigkeit in den eigenen vier Wänden. Es können Videoanrufe getätigt werden mit Angehörigen, Freunden oder Ärzt:innen und bis zu vier autorisierte Personen können über eine App auf den Pflegeroboter zugreifen und ihn per Fernsteuerung durch die Wohnung bewegen. Der Home Care Robot unterhält mit Filmen oder Musik. Die integrierte Gesundheits-App VitaDock+ und die

Notfallvorrichtung sorgen für mehr Sicherheit. Die App ermöglicht es die Vitalwerte, wie beispielsweise Blutdruck, Gewicht und Blutzucker, täglich zu überwachen. Sie ist kompatibel mit allen medisana Connect-Geräten: Körperanalysewaagen, Blutdruckmessgeräte, Thermometer, Blutzuckermessgeräte, Activity-Tracker und Pulsoximeter. Die medisana hat als Partnerin im Projekt ebenso wie die DICT die Erschließung weiterer Märkte und die Ausweitung auf andere medizinische Bereiche im Blick. Über die Weiterentwicklung der App für Endkund:innen und die Exploration von Use Cases in Kliniken und die Anbindung an das Datenmanagement in Pflegeeinrichtungen und Kliniken könnte medisana stärker in den B2B Bereich vorzudringen. Die **Varomo UG** entwickelt den CAREcules in zwei Varianten. In der B2B Variante kommt der CAREcules in Form eines autonomen intelligenten Pflegewagens mit modularem Aufbau, kann also in seiner Beladungsstruktur verändert und Bedürfnissen unterschiedlicher Pflegestationen oder Pflegefachpersonen angepasst werden. Der CAREcules in der B2C Variante fungiert als Transporttisch mit Folgefunktion. Da CAREcules modular aufgebaut ist, kann er in der Höhe variiert werden und so den Bedürfnissen der Nutzer:innen angepasst werden. Die im Rahmen der durchzuführenden Testungen erlangten Erkenntnisse und Verbesserungen werden sich positiv auf das Geschäftsmodell und den wirtschaftlichen Erfolg auswirken. Der Markteintritt erfolgt zunächst in einem B2B Anwendungsfall. Geplanter Markteintritt ist im Jahr 2022.

### 2.4.2 Wirtschaftliche Anschlussfähigkeit mit Zeithorizont

Die Uniklinik RWTH Aachen wird bis 2023 ein Center mit dem Schwerpunkt Pflege und neue Technologien auf dem RWTH Aachen Campus gründen (Center Nursing Care), das von der Einrichtung eines Lehrstuhls für Pflegewissenschaft flankiert wird. Der RWTH Aachen Campus (<https://www.rwth-campus.com/>) ist in Forschungscluster unterteilt und bringt interdisziplinäre Wissenschaftler:innenteams und Industriekonsortien in themenspezifischen Centern zusammen, um gemeinsam an speziellen Zukunftsfragen arbeiten. Das Center Nursing Care wird im Cluster Biomedizintechnik entstehen und ein einzigartiges nutzergesteuertes Innovations-Ecosystem darstellen, welches u.a. Zugang zu unterschiedlichsten Real-Laboren in den Feldern Pflege und Pflegebildung bieten wird. Schwerpunkte des Center Nursing Care werden Robotik und Digitalisierung der Pflege sowie nachhaltiges Management sein. Es ist

mit Blick auf die 2021 vollständig in Kraft getretenen Medical Device Regulation der EU (<https://eumdr.com/>) ein großer Bedarf an Expertise und Beratung im Rahmen der klinischen Prüfung und Zulassung pflegerischer Robotiksysteme zu erwarten. Kompetenzen zur Durchführung und Beratung derartiger Zulassungsprozesse sind kaum vorhanden, wodurch das (im Center Nursing Care verstetigte) Kompetenzzentrum eine in Deutschland einmalige Position erlangen kann. Diese einmalige Position wird durch die enge Verzahnung unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen mit Einrichtungen der Pflegepraxis - und zwar auch räumlich - nochmals hervorgehoben. Weiterhin sind nach Abschluss des Projektes im **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum Kompetenzen und Erfahrungen in einer einzigartigen Konstellation und Breite vorhanden für die Erforschung ethischer, rechtlicher und sozialer Fragen der pflegerischen Robotik sowohl im Kontext der Entwicklung als auch des praktischen Einsatzes in der Gesundheitsversorgung. Davon ausgehend sind auch weiterführende Forschungsaufträge aufgrund des Renommées der Partner und des Kompetenzzentrums als Ganzes zu erwarten. Das Kompetenzzentrum wird in das im Aufbau befindliche RWTH Center Nursing Care integriert. Als Center des RWTH Aachen Campus verfolgt dies den Immatrikulationsansatz für Unternehmen. Grundsätzlich erhalten alle Unternehmen Zugang zum Leistungsangebot des Centers. Immatrikulierte Mitglieder erhalten darüber hinaus für einen Jahresbeitrag Zugang zu festen Leistungen und können aktiv über Community Meetings des Centers das Leistungsangebot von Weiterbildungskursen bis hin zu kollaborativen interdisziplinären Forschungsvorhaben nutzen. Darüber hinaus sollen angebunden an das Center Nursing Care über Ausgründungen (Start-Up) bestimmte Dienstleistungen (z.B. Workshops) angeboten und gezielt Auftragsforschung auf Basis der im Kompetenzzentrum erworbenen und gebündelten Expertise als Komponente des Centers zur Verfügung gestellt werden.

## 2.5 Struktureller Aufbau des Verbundes

### 2.5.1 Bisherige Arbeiten und Vorerfahrungen der Verbundpartner

Das **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum wird von insgesamt 15 Projektpartner:innen getragen.

**Prof. Dr. Astrid Rosenthal-von der Pütten** leitet den **Lehrstuhl für Technik und Individuum (iTec)** am Department of Society, Technology, and Human Factors an der RWTH Aachen University. Mit breiter Methodenkompetenz werden unterschiedliche Fragestellungen in der Interaktionsforschung im Bereich Mensch-Roboter-Interaktion untersucht mit Fokus auf sowohl Usability, insbesondere im Bereich Kommunikation, als auch der Untersuchung von sozialpsychologischen Phänomenen wie Gruppendynamiken in Mensch-Roboter-Teams (Abrams and Rosenthal-von der Pütten 2020). Es besteht umfangreiche Vorerfahrung in Bezug auf die Durchführung von Feldstudien als auch mit besonderen Zielgruppen, beispielsweise über die Projekte UrbANT (BMBF, Feldstudien mit Lieferrobotern), KOMPASS (BMBF, sozial kooperativer Assistenten als Tagesbegleiter für Menschen mit Unterstützungsbedarf) und SERA (EU, robotischer Gesundheitsassistent für ältere Personen, Feldtests in der eigenen Häuslichkeit; Rosenthal-von der Pütten et al. 2011) und Expertise in der Metrikenentwicklung für den Bereich Mensch-Roboter-Interaktion (z.B. Fragebogenentwicklung: Self-Efficacy in Human-Robot-Interaction Scale (Rosenthal-von der Pütten and Bock 2018, Rosenthal-von der Pütten et al. 2017) Embodiment and Corporeality Scale (Hoffmann et al. 2018).

In der **Abteilung Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme** des **Instituts für Arbeitswissenschaft (IAW)** unter der Leitung von **Prof. Dr. Verena Nitsch** und **Dr. Dr. Alexander Mertens** liegt der Fokus auf der ergonomischen und menschenzentrierten Gestaltung der Mensch-Roboter-Kollaboration, der altersgerechten und inklusionsoffenen Produktgestaltung und der Erforschung von Technikakzeptanz. Am IAW bestehen umfangreiche Vorarbeiten zur benutzerzentrierten Entwicklung robotischer Assistenzsysteme im Gesundheitsbereich, beispielsweise über das Projekts MeRoSy (BMBF, robotisches Assistenzsystem für Tetraplegiker für die Unterstützung einer beruflichen Tätigkeit). Im Bayerischen Forschungsverbund FORobotics werden verschiedene arbeitswissenschaftliche Aspekte (u.a. Arbeitssicherheit und Roboterakzeptanz) in

der Gestaltung von Arbeitsplätzen, an denen menschliche Nutzer mit mobilen kooperativen Robotern zusammenarbeiten, beleuchtet. Aber auch im Bereich der MRK Grundlagenforschung hat das IAW mit BMBF Projekten, wie Anthrobot und den DFG Exzellenzclustern - Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer und Internet of Production zahlreiche Vorarbeiten vorzuweisen. Das IAW hat Expertise in der Metrikenentwicklung in den Themenbereichen Ergonomie, Usability und Akzeptanzforschung.

Das **Lehr- und Forschungsgebiet „Angewandte Ethik“ (*Ethics*)** an der RWTH Aachen geleitet von **Prof. Dr. Saskia Nagel** forscht an der Schnittstelle zwischen Lebenswissenschaften / Technologie und Philosophie / Ethik und ist ausgewiesen in der Untersuchung konzeptueller und normativer Fragen in Bezug auf neue und zukünftige naturwissenschaftliche und technologische Entwicklungen. Ein Schwerpunkt der Arbeit liegt auf den ethischen, anthropologischen und sozialen Implikationen neuer und aufkommender Technologien. Prof. Nagel arbeitet zu Fragen der Autonomie, Verantwortung und Vertrauen und kooperiert in einer Vielzahl internationaler, interdisziplinärer Projekte. In Bezug auf die Vorarbeiten wurden grundlegende Arbeiten zum Thema Autonomie entwickelt (Nagel 2013, 2015, Nagel et al. 2016, Nagel and Reiner 2013, Niker et al. im Erscheinen), die sich mit vielfältigen Fragen zum Werten, Vulnerabilität, Abhängigkeit und Beziehungen, u.a. in Pflegekontexten (Remmers and Nagel 2015, Lyreskog et al. 2020, Nagel accepted) beschäftigen. Die Gruppe hat einen Schwerpunkt in der philosophischen Diskussion um moralische Verantwortung (u.a. Tigard et al. 2020), in der Fragen nach individueller und geteilter Verantwortung und nach Vertrauen (Sattarov and Nagel 2019) im Kontext neuer Technologien (u.a. KI-unterstützter Systeme) eine zentrale Rolle spielen.

**Die Uniklinik RWTH Aachen (UKA)** verbindet mit ca. 2.000 Pflegefachpersonen in 34 Kliniken und 5 übergreifenden Einheiten patientenorientierte Medizin und Pflege mit Lehre und Forschung. Das UKA zeichnet sich durch den Forschungsschwerpunkt Medical Technology und Digital Life Sciences sowie ein hohes Translationspotential aus, sodass durch eine hervorragende Vernetzung mit Industriepartnern sehr gute Voraussetzungen für Unternehmensgründungen geboten werden. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Beteiligung an dem Netzwerk DIH Hero durch das Center for Robotics in Healthcare. Die Pflegedirektion des UKA (**UKA-P**) hat Kompetenzen



in der Implementierung von Technik in die pflegerische Versorgung sowie deren Ausrollung über den gesamten Pflegebereich und war eine der ersten Kliniken, die flächendeckend eine elektronische Dokumentation eingeführt hat. Aufgabenschwerpunkte des Stabsstellenbereich Pflegewissenschaft unter der Leitung von Prof. Dr. Astrid Stephan (zudem Professorin im Lehrgebiet Pflegewissenschaft an der Fliehdner-Fachhochschule Düsseldorf) sind die Durchführung von Projekten der klinischen Pflegeforschung sowie die Implementierung von Evidenzbasierter Pflege und neuer pflegerischer Berufsrollen. Im Rahmen des BMBF Projektes PflKoRo werden die Bedarfe und Nutzeranforderungen für Assistenzrobotik in der Pflege erhoben sowie Co-Creation Ansätze weiterentwickelt.

Das **Institut für Regelungstechnik (IRT)** unter der Leitung von **Prof. Dirk Abel** ist in der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen University angesiedelt und betreibt Forschung auf den Gebieten der Modellierung und Regelung komplexer technischer Systeme. Anwendungsübergreifend verfügt das IRT über spezielle Expertise in den Bereiche Modellierung, Modellidentifikation und -reduktion, moderne Regelungsverfahren wie prädiktive, adaptive und iterativ lernende Regelung sowie den rechnergestützten Entwurf von Regelungsverfahren und deren Applikation am realen Prozess. Das Institut ist neben den methodischen Arbeiten durch eine starke Anwendungsnähe geprägt und gliedert sich entsprechend seiner Kerngebiete in sieben Arbeitsgruppen. Eine der Kernkompetenzen in der Arbeitsgruppe “Biomedizintechnik” ist die Integration des Menschen in den geschlossenen Regelkreis von robotischen Systemen. Diese Kompetenz konnte das IRT bereits erfolgreich in den abgeschlossenen BMBF Projekten RoSylerNT, InRehaRob und RoPaRa nachweisen. Aktuell ist das IRT Teil des Konsortiums im BMBF Projekt PflKoRo und dort für die Perzeption und Regelung des Systems verantwortlich.

Die **Juniorprofessur Datenstrommanagement und -analyse (DSMA)** an der RWTH hat zwei zentrale Schwerpunkte. Der erste Schwerpunkt ist die Erforschung innovativer Methoden und Architekturen für ein leichtgewichtiges und verteiltes Datenstrommanagement on the Edge. Der zweite Schwerpunkt umfasst das intelligente Datenqualitätsmanagement und die Datentransparenz in Datenstromanwendungen, Data Lakes und in Datenökosystemen. Die Forschungsgruppe ist interdisziplinär ausgerichtet und wird ab Ende 2021 von **Dr. Sandra Geisler** geleitet. Sandra Geisler

leitet derzeit die Gruppe Digital Health Spaces am Fraunhofer Institut für angewandte Informationstechnik FIT und ist dort für Projekte im Bereich digitale Gesundheit verantwortlich (z.B. technische Leitung Projekt SALUS, das eine Versorgungsstudie mit 2000 geplanten Patienten umfasst, an der Krankenhäuser, niedergelassene Ärzte, Krankenkassen und Gerätehersteller beteiligt sind). Es bestehen viele Vorarbeiten im Bereich des Datenstrom- und Datenqualitätsmanagement, die im Kompetenzzentrum Anwendung finden (Geisler et al. 2021, Geisler 2020, Geisler et al. 2016, Geisler 2013, Frerich et al. 2021, Hai et al. 2016, Quix et al. 2013).

Das **Lehr- und Forschungsgebiet Rehabilitations- und Präventionstechnik (RPE)** wird geleitet von Frau **Prof. Dr. Catherine Dißelhorst-Klug**. Fokus des RPE liegt auf selbstadaptierenden Assistenzsystemen, die sich an die aktuellen Bedürfnisse des/der Patient:in anpassen, wobei Integration in den klinisch-rehabilitativen Workflow, Akzeptanz und Gebrauchstauglichkeit wesentliche Eckpfeiler der Entwicklung sind. Die langjährige Erfahrung in einem Arbeitsumfeld zwischen Medizin und Technik zeigt sich an einer besonderen Kompetenz in nutzer:innenzentrierten, interdisziplinären Entwicklungen, die immer von enger Zusammenarbeit mit Praxispartnern geprägt sind. Innerhalb des BMBF Projektes inRehaRob entwickelte RPE ein Verfahren zur Beurteilung der Qualität der Übungsausführung bei robotischer Assistenz. RPE ist Teil des EU-geförderten Projektes i2CoRT, in dem Strukturen für eine userzentrierte, partizipative Entwicklung und Testung komplexer Rehabilitationstechnik geschaffen werden, sowie Partner im BMBF Projekt PflKoRo und dort maßgeblich für die Entwicklung der Patient:in-Roboter-Schnittstelle verantwortlich.

**Prof. Dr. Marc Hassenzahl** ist Professor für „Ubiquitous Design“ in der Wirtschaftsinformatik der Universität Siegen (**USIEG**). Die Arbeitsgruppe (10 Designer\*innen, 2 Psycholog\*innen, eine Informatikerin, ein Techniker) beschäftigt sich wissenschaftlich und praktisch mit der Gestaltung interaktiver Produkte. Dies umfasst methodische Aspekte der benutzerzentrierten Analyse und Evaluation (sozialwissenschaftlich fundierte Durchführung und Analyse von Befragungen, Beobachtungen) und konkretes Erlebnis- und Interaktionsdesign. Teilbereiche des von Hassenzahl mitentwickelten „Experience Designs“ und des wohlbefindensorientierten Gestaltungsansatzes werden in mehreren aktuellen und vergangenen Projekten des BMBF gefördert (z.B. Sympartner, NoStress, HIVE, Nähe auf Distanz und e-VITA). Prof. Dr. Hassenzahl ist

Konsortialführer des RA2-Begleitforschungsprojekts GINA, unterstützt die Projekte der Förderlinie mit Gestaltungs- und Evaluationsmethoden (performative Methoden, Prototyping in VR, Partizipatives Design) und arbeitet an Qualitätsmodellen für wohlbefindensorientierte Mensch-Roboter-Interaktion. Außerdem finden seine Arbeiten Einsatz in Wirtschaftskooperationen mit z.B. Honda (Telerobotik in der Pflege) oder Siemens Healthcare (Arbeitszufriedenheit im Gesundheitswesen).

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Kopp (UBI)** leitet die Arbeitsgruppe “Kognitive Systeme und soziale Interaktion” (Social Cognitive Systems) am CITEC und der Technischen Fakultät der Universität Bielefeld. Er ist international ausgewiesen in der Entwicklung von KI-/lernbasierten Ansätzen für multimodale, konversationale Interaktion mit technischen Systemen wie virtuelle Agenten, VR-basierte Avatare oder soziale Roboter. Die Gruppe hat zahlreiche interaktive Assistenzsysteme und soziale Roboter in verschiedensten Kontexten entwickelt und verfügt über einschlägige Expertise im Bereich der Sprachverarbeitung/Dialogsysteme, Generierung und Verarbeitung nonverbaler Kommunikation (insbesondere Gestik) sowie der linguistisch-psychologisch/kognitiv fundierten Interaktionsanalyse und -modellierung. Stefan Kopp war u.a. koordinierend an Projekten zur intelligenten Mensch- Roboter/Technik-Interaktion beteiligt, u.a. gefördert durch EU (L2TOR, BabyRobot), DFG (Exzellenzcluster CITEC, SFB 673 Alignment in Communication, SFB/TRR 318 Constructing Explainability, EcoGest), BMBF (KOMPASS, VIVA), Land NRW (Arbeit 4.0) und VW-Stiftung (IMPACT). Die Arbeitsgruppe bringt zudem umfangreiche Erfahrungen in der ethisch-sozial reflektierten und akzeptablen Technikentwicklung ein, u.a. aus langjähriger Kooperation mit Anwendungspartnern wie den von Bodelschwingschen Stiftungen Bethel.

Die **Docs in Clouds TeleCare GmbH (DICT)** ist in den drei Themenschwerpunkten TeleCare, Consulting und medizinische Ingenieursdienstleistungen aktiv. DICT unterstützt Arztpraxen, Krankenhäuser sowie Pflegeheime bei der digitalen Transformation durch die Entwicklung und den Betrieb telemedizinischer Systeme. Ein herausragendes Produkt ist die moderne sowie sichere Anwendung „TeleDoc“, mit der Telekonsultationen durchgeführt werden können. „TeleDoc“ besitzt auch eine Zertifizierung als „Videosprechstunde“; entsprechend ist DICT bei der Kassenärztlichen Bundesvereinigung als Anbieter gelistet. Eingesetzt in der „MedCast-Plattform“, einer Cloud-basierten Systemumgebung, ermöglicht der „TeleDoc“ eine flexible telemedizi-

nische Betreuung. Eingesetzt wird das System in verschiedenen Applikationen, wie z.B. für Telekonsultationen zwischen Pflegeheim und Hausarzt oder bei Videosprechstunden zwischen Arzt und Patient.

In einem interdisziplinären Team entwickelt die **navel robotics GmbH (navel)** einen sozialen Roboter für die Pflege. Seit 2018 koordiniert navel das BMBF Projekt VIVA, in dem Interaktionsstrategien für einen Vertrauen und Sympathie schaffenden sozialen Roboter erforscht werden. Mit aktuellen Prototypen wurden bereits WoZ-Tests in Pflegeheimen durchgeführt. Der Fokus des sozialen Roboters liegt auf der verbalen und nonverbalen Kommunikation. Die mobile Roboterfigur ist ca. 80 cm hoch. Die besonderen Fähigkeiten liegen in den starken Wahrnehmungs- und Ausdrucksfähigkeiten. Durch Computer Vision und einer geplanten Soundanalyse lokal auf dem Roboter kann der Mensch ganzheitlich wahrgenommen werden (z.B. Kopf- und Blickausrichtung, Emotion). Zudem besitzt die Roboterfigur einen sehr agilen Kopf durch 3 lautlose Motoren und expressive Mimik für den nonverbalen Ausdruck. Über den Displays für Mund und Augen sind jeweils dreidimensionale Linsen gelegt. Mit den so erzeugten Augäpfeln kann ein authentischer Blickkontakt hergestellt werden.

Die **Medisana GmbH (medisana)** 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 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern 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) wird Medisana in einem neuen, hochinnovativen Marktsegment aktiv.

Die 2017 gegründete **Varomo UG (Varomo)** entwickelt autonome Servicerobotik für das Gesundheitswesen. Der autonome Transportroboter CAREcules transportiert für seine Nutzer Lasten bis zu 60 kg. Durch die Follow-Me-Steuerung folgt der Roboter teilautonom der exakten Spur des Benutzers, unterstützt durch eine zentimetergenaue

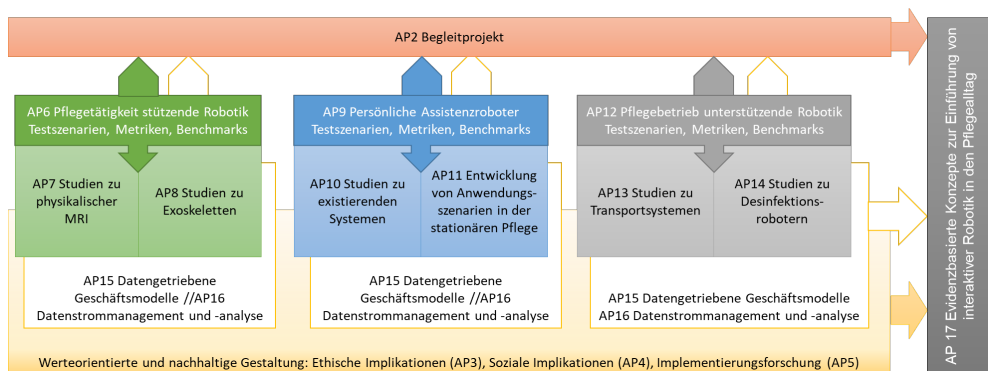
Ortung in geschlossenen Räumen. Er ist außerdem in der Lage, vollständig autonom zu navigieren. Zum Schutz der Privatsphäre kommt CAREcules dabei ohne Internet und Kamera zurecht. Durch den modularen Aufbau ist das Transportsystem für weitere Nutzungsszenarien adaptierbar. Es kann mit Kamerasystemen, Internetverbindung und KI-gestützten Software-Erweiterungen aufgerüstet werden, um in neuen Bereichen wie Hygieneschutz zum Einsatz zu kommen.

Der **SKM Aachen e.V. (SKM)** ist ein im Jahre 1912 gegründeter gemeinnütziger Verein und als solcher Träger der Freien Wohlfahrtshilfe. Seinen regionalen Wirkungskreis fokussiert er auf die Stadt und die Städteregion Aachen. Der Verein offeriert versorgungs- und betreuungssektorenübergreifende Angebote, beginnend bei dem ambulanten Angebot der Familienpatenschaften mit seinem Schwerpunkt auf Frühe Hilfe bis hin zur stationären Langzeitpflege von Menschen in den Seniorenzentren Heilig Geist und Rothe Erde. Der SKM Aachen e.V. leistet im Rahmen seiner stationären Altenhilfe eine menschenwürdige, qualifizierte und auf die individuellen Bedürfnisse der Bewohnerinnen und Bewohner ausgerichtete Altenarbeit. Die Seniorenzentren Heilig Geist und Rothe Erde stellen durch ihr Angebot eine alternative Wohn- und Lebensmöglichkeit für pflegebedürftige alte Menschen im Sinne des SGB XI dar. Das Seniorenzentrum Rothe Erde spezialisiert sich mit seinem Angebot von 54 Betten auf demenziell erkrankte Menschen. Das Haus mit seiner vergleichsweise geringen Platzzahl für stationäre Altenhilfeeinrichtungen orientiert sich bewusst an der Tendenz der Altenhilfe zur Abkehr von institutionellen Heimmerkmalen und großen Einrichtungen. Vielmehr sind Maßstäbe des Wohnungsbaus und das quartiersbezogene Einzugsgebiet handlungsleitend.

Das **FIR an der RWTH (FIR)** unter der Leitung von **Professor Volker Stich** ist seit mehr als 60 Jahren eine der führenden deutschen Forschungseinrichtungen in den Bereichen Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung. Das FIR ist im Bereich der anwendungsnahen industriellen Forschung tätig und zeichnet sich durch vielseitige Methodenkompetenz bei der Gestaltung und informationstechnischen Unterstützung von Geschäftsprozessen produzierender und dienstleistender Unternehmen aus. Der Bereich Dienstleistungsmanagement befasst sich mit der konsequenten Ausrichtungen von physischen und digitalen Leistungsangeboten am Kund:innennutzen sowie die Organisation der Informations- und Wissensverteilung und Arbeitsgestaltung in

Unternehmen. Ein Fokus der Forschungsprojekte liegt dabei auf der Gestaltung von datenbasierten Geschäftsmodellen. Ein weiterer thematischer Fokus liegt auf der Gestaltung neuer Arbeitswelten. Im BMBF Forschungsprojekt GALA werden für die Gesundheitsregion Aachen digitale Werkzeuge und Modelle der Arbeitsgestaltung und Kompetenzmanagements für die Mensch-Maschine-Interaktion entwickelt.

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



**Abbildung 2.2:** Arbeitspakete.

Die Konsortialführerschaft für das **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum übernimmt das **iTec** und somit auch die Leitung von AP 1 (Projektkoordination, Studienorganisation, Geschäftsmodell). Zur Mitarbeit im Begleitprojekt (AP 2, Leitung **UBI**) sind alle Projektpartner:innen aufgerufen (siehe Kapitel 2.5.4 für nähere Erläuterungen). Drei Arbeitspakete widmen sich der wertorientierten und nachhaltigen Gestaltung von Assistenzrobotik. In AP 3 Ethische Implikationen unter der Leitung von **Ethics** erfolgt die Erforschung der ethischen Randbedingungen und Implikationen der Pflegerobotik im Allgemeinen und der in diesem Projekt entwickelten Lösungen im Besonderen. AP 4 Soziale Implikationen unter der Leitung von **USIEG** hingegen fokussiert partizipatives Design in der langfristigen und kurzfristigen Perspektive realisiert über Zukunftswerkstatt und Co-Design-Methoden, im Austausch mit AP3 die Erarbeitung von Richtlinienenerweiterungen zu partizipativem Design bezüglich vulnerabler / autonomieeingeschränkter Personen sowie interdisziplinären Kompetenzaufbau und -erhalt im Projekt. Die in der Zukunftswerkstatt erarbeiteten Szenarien für Assistenzrobotik in

der Pflege werden in den APs 6, 9 und 12 einer systematisierten Anforderungsanalyse und Technologiebewertung unterzogen. Das AP 5 Nachhaltige Implementierung unter der Leitung von **UKA-P** abstrahiert und kontextualisiert die Ergebnisse der menschenzentrierten Akzeptanzforschung zu Pflegerobotik in den empirischen Arbeitspaketen (6 bis 14) als Begleitforschung zur Implementierung robotischer Systeme in der klinischen Pflege und der Langzeitpflege.

In den empirischen Arbeitspaketen werden für drei Robotersystemtypen Langzeitstudien im Feld mit existierenden Systemen durchgeführt, meist autonom teils aber auch teilautonom oder im Wizard of Oz Design. Die Arbeitspakete 6, 7 und 8 sind befasst mit Pflege- und Therapie unterstützender Robotik in physikalischer Interaktion mit Pflegefachpersonen und Patient:innen. In AP 7 untersuchen **IRT** (Leitung), **RPE** und **UKA-P** den Einfluss von technischen Gestaltungsparametern auf die Akzeptanz physikalischer Interaktion zwischen Mensch und robotische Unterstützungssystemen, während in AP8 (Leitung **IAW**) Langzeitstudien durchgeführt werden in beiden Testfeldern zum Einsatz von Exoskeletten zur Entlastung von Pflegefachpersonen. Für beide Arbeitspakete werden in AP 6 (Leitung **IAW**) übergreifend Testszenarien und Metriken entwickelt. Die Arbeitspakete 9, 10 und 11 untersuchen den Einsatz von persönlicher Assistenzrobotik. In AP10 (Leitung **iTec**) werden vier existierende Systeme (von **Varomo**, **navel**, **medisana** und **DICT**) evaluiert, auf der Basis der Evaluationsergebnisse optimiert und dann re-evaluiert. In AP11 (Leitung **UBI**) hingegen werden auf der Basis der vorhandenen Funktionen zweier Systeme partizipativ neue Use Cases entwickelt und diese ins Feld gebracht in WoZ und später autonomen Settings. Für beide Arbeitspakete werden in AP 9 (Leitung **UBI**) übergreifend Testszenarien und Metriken entwickelt. Die Arbeitspakete 12-14 untersuchen den Einsatz von den Pflegebetrieb unterstützender Robotik wobei sich AP13 (Leitung **IAW**) auf Transportsysteme fokussiert (Experteninterviews zu Logistiksystemen und Langzeitstudie mit Mikromobil im **UKA**) und AP14 (Leitung **iTec**) auf Desinfektionsroboter (Langzeiteinsatz bei **UKA** und **SKM**). Für beide Arbeitspakete werden in AP12 (Leitung **IAW**) übergreifend Testszenarien und Metriken entwickelt. Das **FIR** befasst sich in AP15 mit der Erstellung und Erprobung von innovativen, datengetriebenen Geschäftsmodellen für Assistenzrobotik im Bereich Pflege. In AP16 Datenstrommanagement und -analyse (Leitung **DSMA**) wird untersucht wie die Datenströme, die von Assistenzrobotern produziert werden, effizient

verarbeitet und für weiterverarbeitende Systeme in der Pflege aufbereitet werden können. In den abschließenden APs werden zum einen basierend auf den empirischen Ergebnissen aller im Projekt stattfindenden Studien Konzepte zur Einführung von interaktiver Robotik in den Pflegealltag erarbeitet (AP17, Leitung **IAW**). Zum anderen werden die Projektergebnisse über Transferveranstaltungen der breiten Öffentlichkeit als auch gezielt Technologieunternehmen und Pflegebetrieben zugänglich gemacht (AP18, Leitung **USIEG**).

### 2.5.3 Einbindung weiterer Akteure (Assoziierte Partner)

Mit Beginn der Projektlaufzeit beginnt auch die Öffentlichkeitsarbeit, sodass die ersten Projekt-ergebnisse bereits nach 18 Monaten im Rahmen von Transferveranstaltungen präsentiert werden. Somit werden Aufmerksamkeit und Kontaktmöglichkeiten geschaffen für eine Einbindung weiterer Pflegeeinrichtungen und Unternehmen in **AixistenzRobotik**. Die Veranstaltungen werden überregional beworben. Wir konnten bereits die St. Gereon Senioren Dienste gGmbH als assoziierten Partner gewinnen. St. Gereon ist sehr interessiert nicht nur an Transferveranstaltungen, sondern auch daran, direkt im Kompetenzzentrum mitzuwirken und in den eigenen Häusern Evaluationen von Assistenzrobotik zu ermöglichen und somit den Nutzen solcher Systeme für die eigenen Häuser zu explorieren. Sie stehen als weiteres Testfeld für Studien zur Verfügung. Auch nach Projektstart können sich interessierte Unternehmen in das Projekt einbringen und sich über die Ausgründung des Kompetenzzentrums immatrikulieren (siehe 4.2) und so weitere Studien beauftragen. Forscher:innengruppen werden über den **AixistenzRobotik** Think Tank eingebunden (AP 18), der in Kooperation mit dem KI-Center der RWTH Aachen University organisiert wird. Im Think Tank kommen Interessierte mit Projektpartner:innen in kleinen Workshops zusammen, in denen regelmäßig aus dem Projekt berichtet wird und Ergebnisse und sich daraus ergebende gemeinsame Forschungsideen bzw. die Zweit- oder Nachnutzung von aus dem Projekt verfügbar gemachten Daten besprochen werden können. Auch externe Forscher:innen werden eingebunden in den Think Tank, so beispielsweise Prof. Horst Michael Groß (TU Ilmenau). Assoziierter Partner ist die MetraLabs GmbH, die in AP 15 dem FIR als Anwendungsfall für innovative datengetriebene Geschäftsmodelle zur Verfügung stehen. Mit der AOK Rheinland/Hamburg haben Gespräche stattgefunden,



als assoziierte Partnerin mitzuwirken und Expert:innenwissen einzubringen bezüglich der gesetzlichen Rahmenbedingungen der Gesundheits- und Pflegeversicherung. Das OecherLab der Stadt Aachen ([www.oecherlab.de](http://www.oecherlab.de)) unterstützt das Projekt bei der Durchführung der Zukunftswerkstatt (AP4). Weitere relevante Infrastrukturen an der RWTH sind das CT<sup>2</sup> Center for Teaching and Training des UKA welches als Simulationsumgebung die Feldeinsätze in Realumgebungen vorbereiten kann sowie der Living Lab Incubator am Human-Technology Center (<https://www.humtec.rwth-aachen.de>). Die Ausbildungsakademie für Pflegeberufe an der RWTH, die Fließner Fachhochschule in Düsseldorf und der Deutsche Berufsverband für Pflegeberufe sind assoziierte Partner für den Transfer von Projektergebnissen in die Ausbildung von Pflegeberufen (AP 18). LoIs der Partner:innen liegen vor.

### 2.5.4 Zusammenarbeit mit Transferprojekt

Die Projektpartner:innen im **AixistenzRobotik** Kompetenzzentrum nehmen am Workshopangebot des Begleitprojekts RimA teil, in welchem insgesamt 12 Workshops zu den Themen Sicherheit, Geschäftsmodelle und Open Source Software geplant sind. Hier kann das Kompetenzzentrum nicht nur Nutznießerin sein, sondern sich inhaltlich in die Workshops einbringen, z.B. mit der Vorstellung der in AP 15 entwickelten datengetriebenen Geschäftsmodelle für die im Projekt beteiligten Anwendungspartner oder den Erkenntnissen aus AP 7 und 8 zu Sicherheitsaspekten physikalischer Interaktion, sowie mit Erfahrungen zur Aufbereitung der im Projekt generierten Daten zur Nach- und Zweitnutzung und entwickelten Softwarekomponenten zur Nutzung durch andere Forschende. Weiterhin nimmt das Kompetenzzentrum an den drei Wettbewerben, die durch das Begleitprojekt geplant werden, teil. Durch die Erarbeitung von standardisierten Testszenarien, beispielsweise für persönliche Assistenzroboter (AP 9.3), mit Spezifikation von Evaluationskriterien und entsprechenden Metriken, könnte **AixistenzRobotik** helfen, die Rahmenbedingungen zu liefern für einen der Wettbewerbe. Die in den APs zur „Übergreifenden Entwicklung von Testszenarien, Metriken und Benchmarks“ (AP6, AP9 und AP12) für die jeweiligen Robotersystem-Typen und Einsatzgebiete entwickelten Szenarien und Metriken werden auf ihre Übertragbarkeit auf andere Systemtypen und Einsatzgebiete überprüft. Gemeinsam mit dem Begleitprojekt kann untersucht werden, inwieweit sich die entwickelten Metriken

auf andere Domänen abstrahieren lassen, um somit das Ziel des Begleitprojektes zu unterstützen, roboterunabhängige Metriken und Benchmarks zur Bewertung von Assistenzrobotern zu realisieren sowie Assistenzroboter domänenübergreifend zu vergleichen. Zudem beteiligt sich das Kompetenzzentrum am Aufbau der im Begleitprojekt RimA geplanten Wissensplattform. Insbesondere kann Input geliefert werden in Form von 1) Handreichungen zu partizipativem Design mit vulnerablen und/oder autonomieeingeschränkten Personen als Ergänzung zu bestehenden Normen zu partizipativem Design; 2) der in **AixistenzRobotik** entwickelten disziplin-übergreifenden Wissensdatenbank in Form einer Entwurfsmustersprache in der die Kerneergebnisse des Forschungsprojekts als generische, wiederverwendbare und leicht übertragbare Lösungsschablonen für wiederkehrende Probleme direkt verfügbar sind (siehe AP 4.4). Weiterhin kooperiert das Kompetenzzentrum in Bezug auf die Verbesserung der Datenlage zur Assistenzrobotik und OSS Implementierungen (siehe z.B. AP 2.4, AP 7.4 und AP 9.5). Hierfür werden FAIRification-Workshops für die Projektpartner:innen angeboten, die für Teilnehmende aus anderen Kompetenz-zentren geöffnet werden können, um die Aufbereitung der in den Zentren anfallenden Daten für die Nachnutzung anzuleiten.

## Literaturverzeichnis

- Anna M H Abrams and Astrid M Rosenthal-von der Pütten. I-C-E Framework: Concepts for Group Dynamics Research in Human-Robot Interaction. *International Journal of Social Robotics*, 12(6):1213–1229, Dec 2020.
- Véronique Aubergé, Yuko Sasa, Nicolas Bonnefond, Brigitte Meillon, Tim Robert, Jonathan Rey-Gorrez, Adrien Schwartz, Leandra Batista Antunes, Gilles De Biasi, Sybille Caffiau, and Florian Nebout. The EEE corpus: socio-affective "glue" cues in elderly-robot interactions in a Smart Home with the EmOz platform. In *5th International Workshop on EMOTION, SOCIAL SIGNALS, SENTIMENT & LINKED OPEN DATA*, page LREC, Reykjavik, Iceland, 2014. URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01003910>.
- James Auger. Speculative design: crafting the speculation. *Digital Creativity*, 24(1): 11–35, 2013.
- J-P Beck. Are we ready for AI? why innovation in tech needs to be matched by investment in people. *Eurohealth*, 25(3):9–11, 2019.
- Kirsten Beedholm, Kirsten Frederiksen, Anne-Marie Skovsgaard Frederiksen, and Kirsten Lomborg. Attitudes to a robot bathtub in danish elder care: A hermeneutic interview study. *Nursing & Health Sciences*, 17(3):280–286, 2015.
- Momotaz Begum, Rosalie Wang, Rajibul Huq, and Alex Mihailidis. Performance of daily activities by older adults with dementia: The role of an assistive robot. In *2013 IEEE 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, pages 1–8, June 2013.
- Melanie Birks, Marie Bodak, Joanna Barlas, June Harwood, and Mary Pether. Robotic seals as therapeutic tools in an aged care facility: A qualitative study. *Journal of Aging Research*, 2016:1–7, 2016.
- Alain D Biron, Carmen G Loiselle, and Mélanie Lavoie-Tremblay. Work interruptions and their contribution to medication administration errors: An evidence review. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 6(2):70–86, 2009.

- Christina Bröhl, Jochen Nelles, Christopher Brandl, Alexander Mertens, and Verena Nitsch. Human–robot collaboration acceptance model: development and comparison for germany, japan, china and the usa. *International Journal of Social Robotics*, 11 (5):709–726, 2019.
- Christine Buchanan, M Lyndsay Howitt, Rita Wilson, Richard G Booth, Tracie Risling, and Megan Bamford. Predicted influences of artificial intelligence on the domains of nursing: Scoping review. *JMIR Nursing*, 3(1):e23939, 2020.
- Christian Buhtz, Denny Paulicke, Sebastian Hofstetter, and Patrick Jahn. Technikaffinität und fortbildungsinteresse von auszubildenden der pflegefachberufe: eine onlinebefragung. *HeilberufeScience*, 11(1):3–12, 2020.
- Sebastian Bußmann and Susanne Seyda. Fachkräfteengpässe in Unternehmen: Die Altersstruktur in Engpassberufen. Technical report, KOFA-Studie, 2015.
- Felix Carros, Johanna Meurer, Diana Löffler, David Unbehaun, Sarah Matthies, Inga Koch, Rainer Wieching, Dave Randall, Marc Hassenzahl, and Volker Wulf. *Exploring Human-Robot Interaction with the Elderly: Results from a Ten-Week Case Study in a Care Home*, pages 1–12. Association for Computing Machinery, 2020.
- Wendy Chaboyer, Emma Harbeck, Bih-O Lee, and Laurie Grealish. Missed nursing care: An overview of reviews. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 37(2): 82–91, 2021.
- Wan-Ling Chang, Selma Šabanović, and Lesa Huber. Use of seal-like robot PARO in sensory group therapy for older adults with dementia. In *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, pages 101–102, 2013.
- Anthony Dunne and Fiona Raby. *Speculative everything: design, fiction, and social dreaming*. MIT press, 2013.
- Kai Frerich, Mark Bukowski, Sandra Geisler, and Robert Farkas. On the potential of taxonomic graphs to improve applicability and performance for the classification of biomedical patents. *Applied Sciences*, 11(2), 2021.
- Ainara Garzo, L. Martinez, Melvin Isken, Dietwig Lowet, and Anthony Remazeilles. User studies of a mobile assistance robot for supporting elderly: methodology and

results. In *Workshop on Assistance and Service robotics in a human environment at IROS'12*, 10 2012.

Sandra Geisler. Data Stream Management Systems. In Phokion G Kolaitis, Maurizio Lenzerini, and Nicole Schweikardt, editors, *Data Exchange, Integration, and Streams*, volume 5 of *Dagstuhl Follow-Ups*, pages 275–304. Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2013. ISBN 978-3-939897-61-3.

Sandra Geisler. Complex Event Processing. In *Encyclopedia of Big Data*. Springer International Publishing, 2020.

Sandra Geisler, Christoph Quix, Sven Weber, and Matthias Jarke. Ontology-based data quality management for data streams. *Journal for Data and Information Quality*, 7 (4):1–34, 2016.

Sandra Geisler, Maria-Esther Vidal, Cinzia Cappiello, Bernadette Farias Lóscio, Avigdor Gal, Matthias Jarke, Maurizio Lenzerini, Paolo Missier, Boris Otto, Elda Paja, Barbara Pernici, and Jakob Rehof. Knowledge-driven data ecosystems towards data transparency. *CoRR*, abs/2105.09312, 2021. URL <https://arxiv.org/abs/2105.09312>.

Christine Gustafsson, Camilla Svanberg, and Maria Müllersdorf. Using a robotic cat in dementia care: A pilot study. *Journal of Gerontological Nursing*, 41(10):46–56, 2015.

Rihan Hai, Sandra Geisler, and Christoph Quix. Constance: An intelligent data lake system. In *Proceedings of the 2016 International Conference on Management of Data, SIGMOD '16*, pages 2097–2100. Association for Computing Machinery, 2016. ISBN 9781450335317.

Denise Hebesberger, Christian Dondrup, Tobias Koertner, Christoph Gisinger, and Juergen Pripfl. Lessons learned from the deployment of a long-term autonomous robot as companion in physical therapy for older adults with dementia: A mixed methods study. In *The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction, HRI '16*, pages 27–34. IEEE Press, Mar 2016. ISBN 9781467383707.

- Denise Hebesberger, Tobias Koertner, Christoph Gisinger, and Jürgen Pripfl. A long-term autonomous robot at a care hospital: A mixed methods study on social acceptance and experiences of staff and older adults. *International Journal of Social Robotics*, 9(3):417–429, 2017a.
- Denise Viktoria Hebesberger, Christian Dondrup, Christoph Gisinger, and Marc Hanheide. Patterns of use: How older adults with progressed dementia interact with a robot. In *Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, HRI '17, pages 131–132. Association for Computing Machinery, 2017b. ISBN 9781450348850.
- Dörte Heger. Wachstumsmarkt Pflege. In Klaus Jacobs, Adelheid Kuhlmeier, Stefan Greß, Jürgen Klauber, and Antje Schwinger, editors, *Pflege-Report 2021: Sicherstellung der Pflege: Bedarfslagen und Angebotsstrukturen*. Springer Berlin Heidelberg, 2021.
- Steven R Hirshorn, Linda D Voss, and Linda K Bromley. Nasa systems engineering handbook. Technical report, NASA, 2017.
- Laura Hoffmann, Nikolai Bock, and Astrid M Rosenthal-von der Pütten. The Peculiarities of Robot Embodiment (EmCorp-Scale): Development, Validation and Initial Test of the Embodiment and Corporeality of Artificial Agents Scale. In *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, HRI '18, pages 370–378. Association for Computing Machinery, 2018. ISBN 9781450349536.
- Lukáš Hruška, Peter Sinčák, Norbert Ferenčík, and Ivan Čík. Application of cloud-based social robotics in cognitive exercises for elderly people. In *2020 IEEE 18th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)*, pages 57–62, 2020.
- Sooyeon Jeong, Deirdre E. Logan, Matthew S. Goodwin, Suzanne Graca, Brianna O'Connell, Honey Goodenough, Laurel Anderson, Nicole Stenquist, Katie Fitzpatrick, Miriam Zisook, Luke Plummer, Cynthia Breazeal, and Peter Weinstock. *A Social Robot to Mitigate Stress, Anxiety, and Pain in Hospital Pediatric Care*. Association for Computing Machinery, 2015.

- Elizabeth S. Kim, Lauren D. Berkovits, Emily P. Bernier, Dan Leyzberg, Frederick Shic, Rhea Paul, and Brian Scassellati. Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(5):1038–1049, May 2013.
- 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):400, Jun 2019. ISSN 1472-6963. doi: 10.1186/s12913-019-4238-3. URL <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-019-4238-3>.
- J Kriegel, V Grabner, L Tuttle-Weidinger, and I Ehrenmüller. Socially assistive robots (SAR) in in-patient care for the elderly. *Stud Health Technol Inform*, 260:178—185, 2019.
- Adelheid Kuhlmei, Stefan Blüher, Johanna Nordheim, and Jan Zöllick. Technik in der Pflege—Einstellungen von professionell Pflegenden zu Chancen und Risiken neuer Technologien und technischer Assistenzsysteme. Abschlussbericht für das Zentrum für Qualität in der Pflege (ZPQ), Zentrum für Qualität in der Pflege (ZPQ), 2019. URL <https://www.zqp.de/wp-content/uploads/ZQP-Bericht-Technik-profPflege.pdf>.
- Kaiko Kuwamura, Shuichi Nishio, and Shinichi Sato. Can we talk through a robot as if face-to-face? Long-term fieldwork using teleoperated robot for seniors with alzheimer’s disease. *Frontiers in Psychology*, 7:1066, 2016.
- Lundy Lewis, Ted Metzler, and Linda Cook. Evaluating human-robot interaction using a robot exercise instructor at a senior living community. In Naoyuki Kubota, Kazuo Kiguchi, Honghai Liu, and Takenori Obo, editors, *Intelligent Robotics and Applications*, pages 15–25. Springer International Publishing, 2016.
- Hwey-Fang Liang, Kuang-Ming Wu, Cheng-Hsing Weng, and Hui-Wen Hsieh. Nurses’ views on the potential use of robots in the pediatric unit. *Journal of Pediatric Nursing*, 47:e58–e64, 2019.

David M Lyreskog, Jason Karlawish, and Saskia K Nagel. Where Do You End, and I Begin? How Relationships Confound Advance Directives in the Care of Persons Living with Dementia. *The American Journal of Bioethics*, 20(8):83–85, Aug 2020. doi: 10.1080/15265161.2020.1781967. URL <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15265161.2020.1781967>. PMID: 32757921.

John C Mankins et al. Technology readiness levels. *White Paper, April*, 6(1995):1995, 1995.

Wendy Moyle, Cindy Jones, Jenny Murfield, Lukman Thalib, Elizabeth Beattie, David Shum, and Brian Draper. Using a therapeutic companion robot for dementia symptoms in long-term care: reflections from a cluster-RCT. *Aging & Mental Health*, 23(3):329–336, 2019.

Saskia K Nagel. Autonomy—a genuinely gradual phenomenon. *AJOB Neuroscience*, 4(4):60–61, 2013. doi: 10.1080/21507740.2013.827278. URL <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21507740.2013.827278>.

Saskia K Nagel. When aid is a good thing: Trusting relationships as autonomy support in health care settings. *The American Journal of Bioethics*, 15(10):49–51, 2015. doi: 10.1080/15265161.2015.1074316. URL <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15265161.2015.1074316>. PMID: 26479105.

Saskia K Nagel. Zwischen Autonomie und Abhängigkeit: die Bedeutung von Beziehung und Vertrauen in der Pflege. In Manfred Hülsken-Giesler, editor, *Neue Technologien in der Pflege – Grundlegende Reflexionen und pragmatische Befunde*. Vandenhoeck und Ruprecht, unipress, Göttingen, accepted.

Saskia K Nagel and Peter B Reiner. Autonomy support to foster individuals’ flourishing. *The American Journal of Bioethics*, 13(6):36–37, 2013. doi: 10.1080/15265161.2013.781708. URL <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15265161.2013.781708>. PMID: 23641849.

Saskia K Nagel, Saskia Kathi Nagel, Victoria Hrincu, and Peter B Reiner. Algorithm anxiety: Do decision-making algorithms pose a threat to autonomy? In *2nd IEEE International Symposium on Ethics in Engineering, Science and Technology, ETHICS 2016*, 2016.



- F Niker, . Felsen, S Nagel, and P B Reiner. Autonomy, evidence-responsiveness, and the ethics of influence. *Neuroscience and the Future of Freedom of Thought*, im Erscheinen.
- Joseph Andrew Pepito and Rozzano Locsin. Can nurses remain relevant in a technologically advanced future? *International Journal of Nursing Sciences*, 6(1):106–110, 2019.
- Michaela Pfadenhauer and Christoph Dukat. Robot caregiver or robot-supported caregiving? *International Journal of Social Robotics*, 7(3):393–406, Jun 2015.
- C Quix, J Barnickel, S Geisler, M Hassani, S Kim, X Li, A Lorenz, T Quadflieg, T Gries, M Jarke, S Leonhardt, U Meyer, and T Seidl. HealthNet: a system for mobile and wearable health information management. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Information Management for Mobile Applications, Riva del Garda, Italy, August 26, 2013.*, pages 36–43, 2013.
- Hartmut Remmers and Saskia K. Nagel. *Ethical Conflicts Regarding Technical Assistance Systems for the Elderly*, pages 7133–7141. Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition. IGI Global, 2015.
- Laurel D Riek. Wizard of Oz Studies in HRI: A Systematic Review and New Reporting Guidelines. *J. Hum.-Robot Interact.*, 1(1):119–136, July 2012. doi: 10.5898/JHRI.1.1.Riek. URL <https://doi.org/10.5898/JHRI.1.1.Riek>.
- Astrid M Rosenthal-von der Pütten and Nikolai Bock. Development and Validation of the Self-Efficacy in Human-Robot-Interaction Scale (SE-HRI). *J. Hum.-Robot Interact.*, 7(3), December 2018.
- Astrid Marieke Rosenthal-von der Pütten, Nicole C Krämer, and Sabrina C Eimler. Living with a robot companion: Empirical study on the interaction with an artificial health advisor. In *Proceedings of the 13th International Conference on Multimodal Interfaces, ICMI '11*, pages 327–334. Association for Computing Machinery, 2011. ISBN 9781450306416.
- Astrid Marieke Rosenthal-von der Pütten, Nikolai Bock, and Katharina Brockmann. Not Your Cup of Tea? How Interacting With a Robot Can Increase Perceived

- Self-Efficacy in HRI and Evaluation. In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, HRI '17, pages 483–492. Association for Computing Machinery, 2017. ISBN 9781450343367.
- 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, June 2013.
- Faridun Sattarov and Saskia K Nagel. Building trust in persuasive gerontechnology: User-centric and institution-centric approaches. *Gerontechnology : international journal on the fundamental aspects of technology to serve the ageing society*, 18(1): 1–14, 2019. ISSN 1569-1101.
- Rhonda R Schoville and Marita G Titler. Guiding healthcare technology implementation: A new integrated technology implementation model. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 33(3), 2015.
- Renate Stemmer. Beruflich Pflegende – Engpass oder Treiber von Veränderungen? In Klaus Jacobs, Adelheid Kuhlmei, Stefan Greß, Jürgen Klauber, and Antje Schwinger, editors, *Pflege-Report 2021: Sicherstellung der Pflege: Bedarfslagen und Angebotsstrukturen*, pages 173–184. Springer Berlin Heidelberg, 2021.
- S Shyam Sundar, Eun Hwa Jung, T Franklin Waddell, and Ki Joon Kim. Cheery companions or serious assistants? Role and demeanor congruity as predictors of robot attraction and use intentions among senior citizens. *International Journal of Human-Computer Studies*, 97:88–97, 2017.
- Huei-Chuan Sung, Shu-Min Chang, Mau-Yu Chin, and Wen-Li Lee. Robot-assisted therapy for improving social interactions and activity participation among institutionalized older adults: A pilot study. *Asia-Pacific Psychiatry*, 7(1):1–6, Mar 2015.
- Craig J Sutherland, Byeong Kyu Ahn, Bianca Brown, Jongyoon Lim, Deborah L Johanson, Elizabeth Broadbent, Bruce A MacDonald, and Ho Seok Ahn. The doctor will see you now: Could a robot be a medical receptionist? In *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pages 4310–4316, 2019.

- Tetsuya Tanioka. Nursing and rehabilitative care of the elderly using humanoid robots. *The Journal of Medical Investigation*, 66(1.2):19–23, 2019.
- Adriana Tapus, Cristian Tapus, and Maja J Mataric. The use of socially assistive robots in the design of intelligent cognitive therapies for people with dementia. In *2009 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, pages 924–929, 2009.
- Techniker Krankenkasse. Gesundheitsreport 2019 – Pflegefall Pflegebranche? So geht’s Deutschlands Pflegekräften. Hauptabschnitt Themenschwerpunkt, Techniker Krankenkasse, Hamburg, 2019.
- Sofia Thunberg, Fredrik Angström, Tim Carsting, Petra Faber, Jens Gummesson, Alexander Henne, Daniel Mastell, Jesper Mjörnman, Joel Tell, and Tom Ziemke. *A Wizard of Oz Approach to Robotic Therapy for Older Adults With Depressive Symptoms*. Association for Computing Machinery, 2021.
- Daniel W Tigard, Niël H Conradie, and Saskia K Nagel. Socially responsive technologies: toward a co-developmental path. *AI & SOCIETY*, 35(4):885–893, Dec 2020.
- Emmanouil G Tsardoulis, Athanassios M Kintsakis, Konstantinos Panayiotou, Aristeidis G Thallas, Sofia E Reppou, George G Karagiannis, Miren Iturburu, Stratos Arampatzis, Cezary Zielinski, Vincent Prunet, Fotis E Psomopoulos, Andreas L Symeonidis, and Pericles A Mitkas. Towards an integrated robotics architecture for social inclusion – the RAPP paradigm. *Cognitive Systems Research*, 43:157–173, 2017.
- Sherry Turkle, Will Taggart, Cory D Kidd, and Olivia Dasté. Relational artifacts with children and elders: the complexities of cybercompanionship. *Connection Science*, 18(4):347–361, 2006.
- Tijs Vandemeulebroucke, Bernadette Dierckx de Casterlé, Laura Welbergen, Michiel Massart, and Chris Gastmans. The ethics of socially assistive robots in aged care. a focus group study with older adults in flanders, belgium. *The Journals of Gerontology. Series B*, 75(9):1996–2007, October 2020. ISSN 1079-5014. doi: 10.1093/geronb/gbz070.

Justin Walden, Eun Hwa Jung, S. Shyam Sundar, and Ariel Celeste Johnson. Mental models of robots among senior citizens: An interview study of interaction expectations and design implications. *Interaction Studies*, 16(1):68–88, 2015.

Oded Zafrani and Galit Nimrod. Towards a holistic approach to studying human-robot interaction in later life. *The Gerontologist*, 59(1):e26–e36, 2018.

Jürgen Zerth, Peter Jaensch, and Sebastian Müller. Technik, Pflegeinnovation und Implementierungsbedingungen. In Klaus Jacobs, Adelheid Kuhlmei, Stefan Greß, Jürgen Klauber, and Antje Schwinger, editors, *Pflege-Report 2021: Sicherstellung der Pflege: Bedarfslagen und Angebotsstrukturen*. Springer Berlin Heidelberg, 2021.